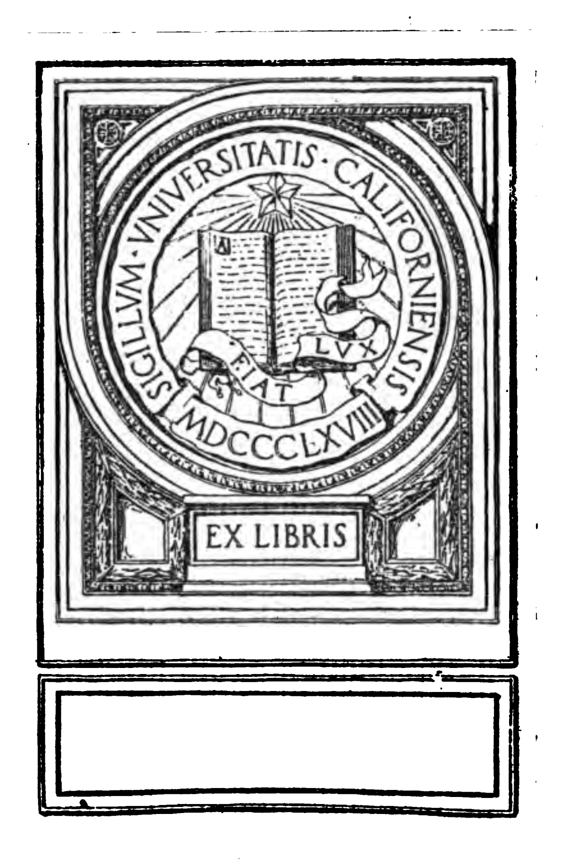
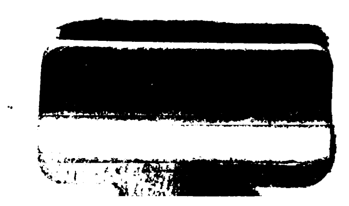
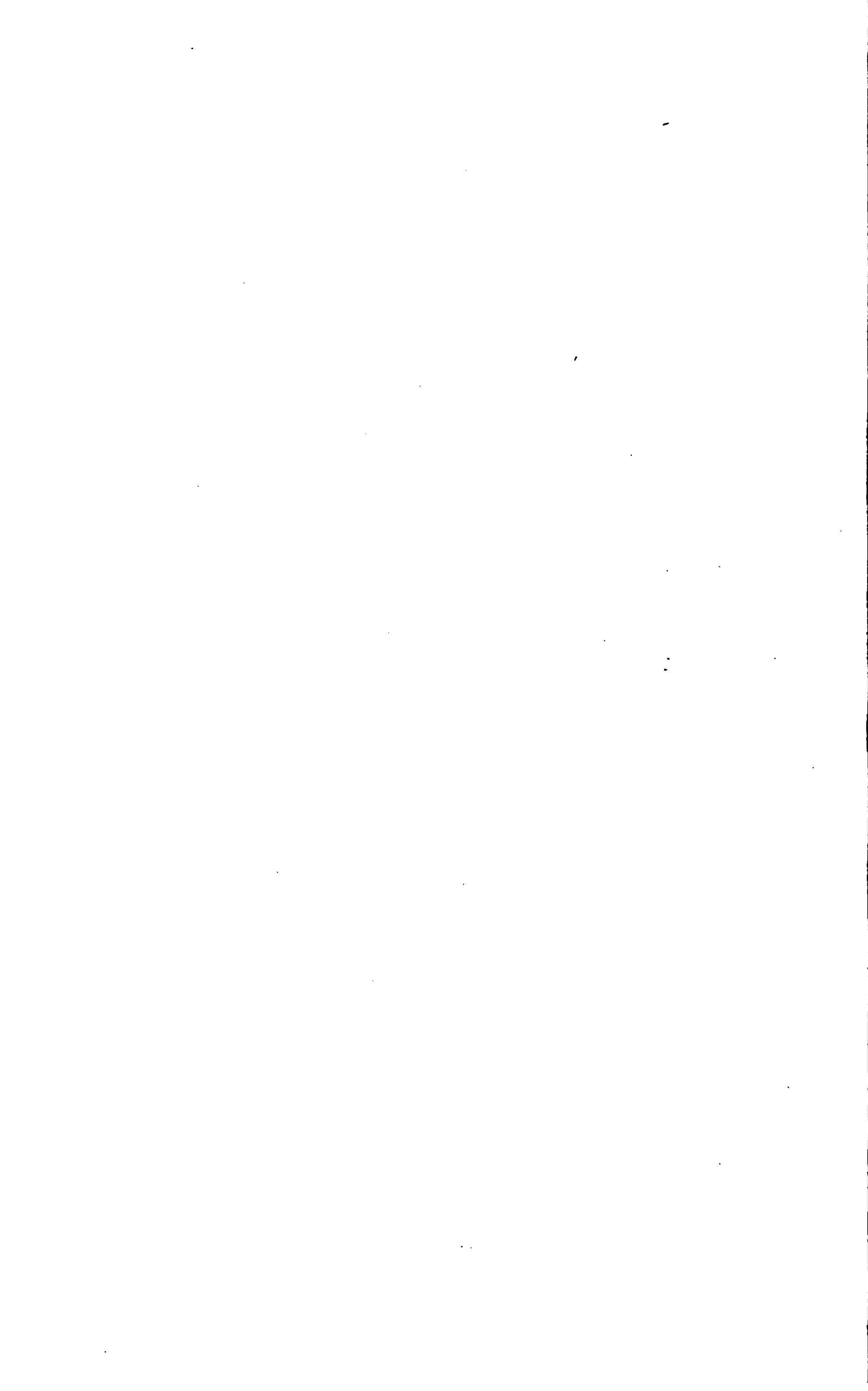



SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
FIAT LVX
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS



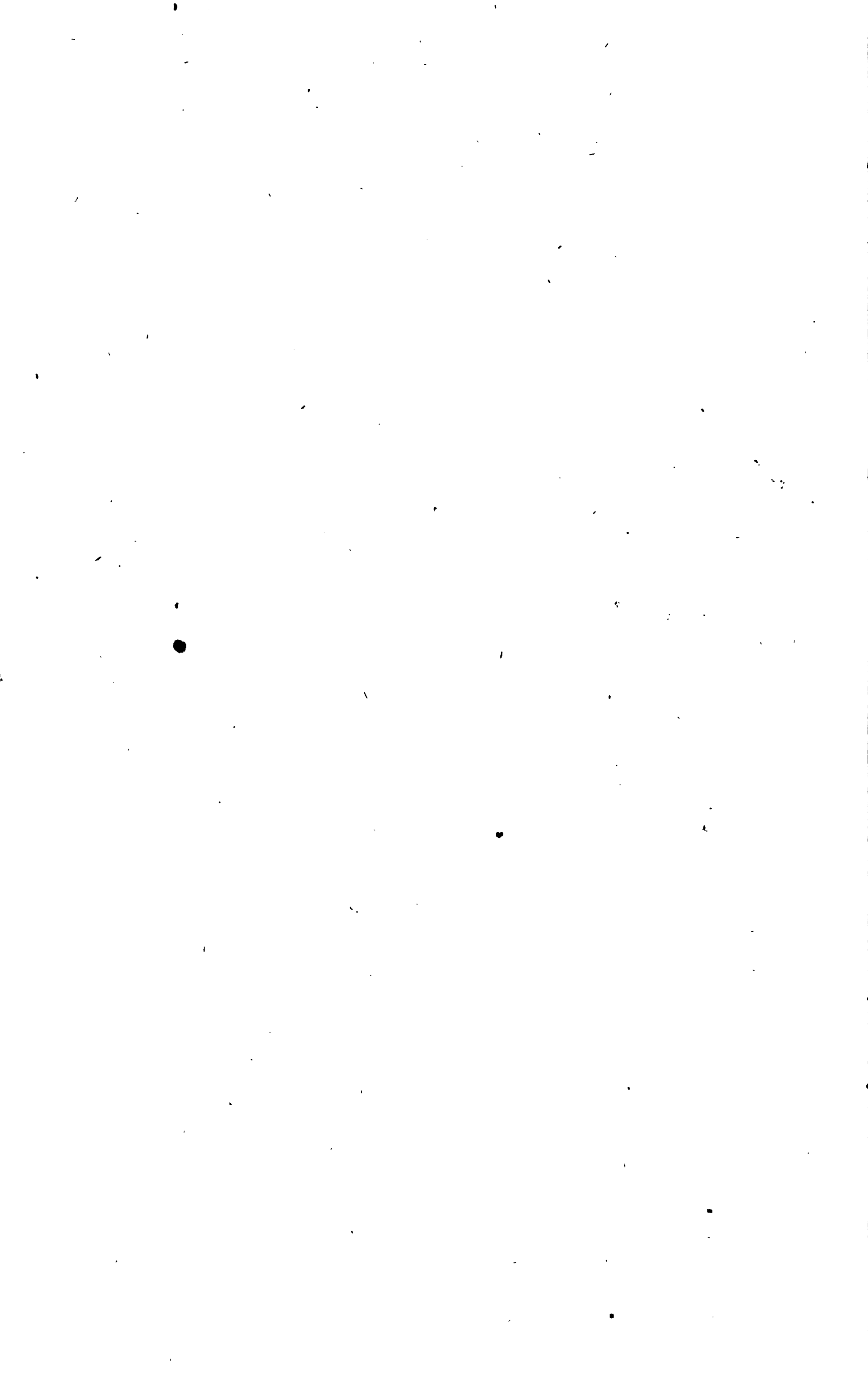
Johannes Walther.



HANDBUCH DER GEOLOGIE

VON

Dr. CARL FROMHERZ.



HANDBUCH DER GEOLOGIE

ZUM

GEBRAUCHE BEI VORLESUNGEN

UND

ZUM SELBSTUNTERRICHT

BEARBEITET VON

Dr. CARL FROMHERZ,

Hofrath und Professor der Chemie, Mineralogie und Geologie an der Universität zu Freiburg i. Br. etc.

NACH DEM TODE DES VERFASSERS HERAUSGEGEBEN

VON

Dr. ERNST STIZENBERGER,

pr. Arzt.

Mit einer geologischen Karte Central-Europa's, bearbeitet von Hauptmann v. Bach.

STUTTGART.

E. Schweizerbart'sche Verlagshandlung und Druckerei.

1856.

Vorrede des Herausgebers.

Es war im Sommer des Jahres 1847, als der nunmehr selige Verfasser dieses Buches und ich reich beladen mit geologischer Beute eines Abends aus den Bradfordschichten von Vögisheim im Breisgau unsere wissenschaftliche Wanderung in die obern Juraablagerungen jener herrlichen Landschaft fortsetzten. Gesprächig und heiter erzählte mir mein Lehrer von seinem Plan zur Herausgabe eines Handbuches der Geologie und theilte mir freundschaftlich mit, wie weit und in welcher Weise seine desfallsigen Arbeiten gediehen seien. Auch bei zahlreichen spätern Gelegenheiten führte uns das Gespräch auf diesen Gegenstand. Dabei ahnten freilich weder er noch ich das Schicksal, das diesem Buche zu Theil werden, die nähern Beziehungen, in die es später noch zu mir treten sollte. Als nach dem leider! allzufrüh erfolgten Tode des Verfassers sein Werk mir zur Herausgabe zugesandt wurde, erinnerte ich mich mit Wehmuth jener in freundschaftlicher Unterhaltung mit meinem Lehrer zugebrachten Stunden und entsprach um so lieber dem Wunsche der Seinen, das hinterlassene Manuscript für den Druck auszuarbeiten.

War es doch neben der zum grossen Nachtheil der Wissenschaft unvollendet gebliebenen grossen geologischen Karte des Schwarzwaldes die Lieblingsarbeit in den letzten Lebensjahren des Verfassers, der er noch an seinem Sterbetage oblag; ist es doch das schönste Andenken, das er, als treues Bild seiner lebendigen, klaren Vorträge über Geologie, den zahlreichen Schülern hinterlassen konnte.

Er wollte ein Buch liefern, das nach Inhalt und Darstellung als Lehrmittel hinreicht für Alle, die Geologie als Hilfswissenschaft oder ihres allgemeinen Interesses willen studiren, sei es, dass sie dasselbe neben den Vorträgen eines Lehrers oder beim Selbstunterricht als Grundlage zu ihren Studien benützen. Das Handbuch wird diesem Zweck um so mehr entsprechen, als es das Resultat fast zwanzigjähriger Lehrthätigkeit ist und der Umfang wie die Darstellungsweise, in welcher die geologische Wissenschaft hier vorgeführt wird, sich bei den geologischen Vorträgen, die der Verfasser in besagter Zeit jeden Sommer hielt, sich am zweckmässigsten erwiesen.

Es wurde in den folgenden Bogen, wie es auch in den Vorträgen der Fall war, die historische Methode, als die lehrreichste und anziehendste, eingeschlagen und vorzugsweise auf die geologischen Verhältnisse Deutschlands das Hauptaugenmerk gerichtet.

Die paläontologischen Abschnitte befassen sich im Buche nicht mit der Beschreibung der einzelnen Sippen und Arten; in den Vorlesungen hat der Verfasser grossentheils auch diese gegeben. Bei dem immer wachsenden Umfange der Paläontologie, die mit Recht eine eigene Wissenschaft genannt zu werden verdient, und bei der Masse von wissenschaftlichen und gemeinfasslichen Werken, die sich ausschliesslich damit beschäftigen, schien es besser bezüglich der Charakteristik der einzelnen Versteinerungen geradezu auf jene Werke zu verweisen und hier nur die Versteinerungen aufzuzählen und das Thier- und Pflanzenleben der einzelnen erdgeschichtlichen Perioden in allgemeinen Umrissen zu zeichnen.

Die meisten heutigen naturhistorischen Lehrbücher zeichnen sich durch zahlreiche eingedruckte Illustrationen vor denen früherer Zeiten aus und doch hat der Verfasser dieses Buches sich schon vor neun Jahren mir gegenüber ausdrücklich dahin ausgesprochen, dass er seiner Arbeit keine bildlichen Darstellungen mitgeben werde. Wie mir scheint hatte er hierin nicht so unrecht. Die für den geologischen Unterricht dienenden Bilder stehen überall und in grosser Mannigfaltigkeit zu Gebote, — die rein geologischen in physikalischen Atlanten, die paläontologischen in zahlreichen der Paläontologie gewidmeten Werken; natürliche Sammlungen von Felsarten

und Petrefakten werden von allen Seiten zum Kauf angeboten und zu Preisen, die es fast jedem Liebhaber möglich machen, solche zu acquiriren. Ausserdem ist es für Jeden, der Geologie studiren will, unausweichliche Nothwendigkeit, die Natur selbst zu schauen und zu berathen; — im Studirzimmer ist noch kein Geologe (und überhaupt kein Naturforscher) gross geworden.

Eine bildliche Zugabe konnten indess Herausgeber und Verleger des Buches nicht unterdrücken und glaubten dadurch einem wesentlichen Bedürfnisse für die Leser entsprochen zu haben. Die beigefügte geologische Karte von Centraleuropa, von dem berühmten Chartographen Herrn Hauptmann von Bach ausgearbeitet, wird gewiss förderlichst zum Verständniss der Verbreitung der verschiedenen Formationen in dem uns hauptsächlich interessirenden Theil der Erdoberfläche beitragen und die Uebersicht über die geologische Beschaffenheit des ausführlichst erforschten und bestgekannten Gebietes erleichtern. Im Texte selbst ist nicht auf die Karte verwiesen worden. Nichts desto weniger ist es für Jedermann ein leichtes, sich überall auf derselben zurecht zu finden, da ja bekanntermassen die Bezeichnung der verschiedenen Formationen durch Farben auf Karten selbst leichter als die ausführlichsten Beschreibungen zum Verständnisse führt.

Das Verhältniss dieses Buches zum Herausgeber betreffend, bleibt noch übrig zu bemerken, dass beim Tode des Verfassers das Manuscript zwar der Vollendung sehr nahe, doch aber nicht fertig ausgearbeitet war. Es mussten daher von mir theils nach vorhandenen Materialien und Skizzen, theils aus der Erinnerung an die geologischen Vorlesungen und an sonstige zahlreiche mündliche Mittheilungen des Verfassers, geringerntheils auch ohne dass von ihm herrührendes Material vorhanden war, einzelne Lücken ausgefüllt werden. Wesentlich Neues hat der Herausgeber jedoch nicht beigefügt und es ist also durch die völlige Ausarbeitung von fremder Hand dem Buche sein Charakter nicht genommen worden.

Es war mir vielmehr heilige Pflicht, die Färbung desselben, die den zahlreichen Zuhörern des Verfassers von den Vorträgen her noch in wohlthuender Erinnerung geblieben sein wird, nicht zu verwischen. Der Leser, der den seligen Verfasser als öffentlichen

Lehrer kannte, er wird ihn in jedem Abschnitte dieses Buches wieder vor Augen sehen.

In Folgendem gebe ich eine Liste der wesentlichern von mir herrührenden Ergänzungen und Einschaltungen, die durch vorhandene Lücken des Manuscripts geboten waren:

Seite 62 wurde der Abschnitt 3 hinzugefügt; von S. 104—110 musste der Text umgearbeitet werden; die »allgemeinen Betrachtungen« von S. 124—128 wurden ebenfalls vom Herausgeber eingeschalten und durch eine Lücke im Manuscript unter der Ueberschrift veranlasst. S. 134—190 und 219—223 (ausschliesslich) erforderten eine durchgreifende Umarbeitung. S. 229—232 (ausschliesslich), 235—237 und 242—245, so weit sie Petrefakten betreffen, wurden vom Herausgeber verfasst, da dort überall sich Lücken im Manuscript befanden, an deren Ausfüllung der Verfasser durch seinen frühen Tod behindert war. Gleiches gilt von den Petrefaktenlisten auf S. 246, 247, 248, 276 und 277. Endlich wurden S. 371, 372, 373 und 374 vom Herausgeber ohne vom Verfasser herrührende Anhaltspunkte bearbeitet, da mit S. 370 das Manuscript abgebrochen war und nur die Titel Nr. 5 auf S. 371 und Nr. 6 auf S. 373 auf eine nöthige Ergänzung hinwiesen. Der Anhang wurde von S. 375 bis 376 (einschliesslich) nach Notizen des Verfassers bearbeitet. Der Rest lag im Manuscript fertig vor.

Constanz, Juni 1856.

Stizenberger.

Inhalts-Uebersicht.

Seite

Geschichte der Erdbildung.

Seite

Anhang.

Verbesserungen.

Seite 39 Zeile 9 lies: Helobiae statt: Halobiae.
„ 107 „ 8 „ Ellipsocephalus statt: Ellipsocephalus.
„ 107 „ 10 „ expansus statt: exponus.
„ 110 „ 17 „ Bronteus statt: Brontes.
„ 136 „ 22 „ Der Druck in der zweiten Periode war noch heftiger statt: Druck etc.
„ 167 „ 39 „ liliiformis statt: lilliiformis.
„ 236 „ 3 „ rostrata statt: rostata.
„ 237 „ 5 „ Palaeochelys statt: Palaeochilys.
„ 276 „ 39 „ dolium statt: oblium.

Einige weitere bei Petrefaktennamen vorkommende Druckfehler oder Inconsequenzen in der Schreibart berichtigen sich ohne Schwierigkeit durch Vergleichung mit dem Register.

Einleitung.

Unter den verschiedenen Zweigen der Naturwissenschaft nähert sich keiner durch die Grossartigkeit seines Stoffes der erhabensten aller Wissenschaften, der Astronomie, so sehr als die Geologie. — Die Geologie gibt uns Kenntnisse über den Urzustand unserer Erde und über die natürlichen Veränderungen, welche sie im Laufe der Jahrtausende erlitten hat. Sie ist die Geschichte der Erdbildung.

Es bedarf keiner weiteren Erörterung, wie sehr es jeden Gebildeten interessiren muss, einen Blick in die Urgeschichte unseres Planeten zu werfen, und sichere Kenntnisse zu erhalten über äusserst grossartige Naturereignisse, welche sich unendlich lang vor aller historischen Forschung zutrugen. Die Lehren der Geologie sind nicht nur desshalb unserer Aufmerksamkeit in hohem Grade würdig, weil sie die Befriedigung versprechen, welche jede Vermehrung unserer Kenntnisse gewährt, sondern weil es heutzutage ein wirkliches Bedürfniss der Bildung genannt werden darf, nicht ganz ohne Kenntnisse über jene grossen Naturereignisse zu bleiben.

Die Untersuchungen und Beobachtungen über den Urzustand der Erde haben jetzt durch die grossen Fortschritte der Naturwissenschaften einen hohen Grad von Zuverlässigkeit erlangt. Während man früher über diesen Gegenstand nur vage Hypothesen, gehaltlose Vermuthungen aufstellen konnte, während die ältere Geologie nur eine Sammlung von Meinungen und Theorien der verschiedenen Gelehrten war, vermögen wir gegenwärtig zur Beantwortung der wichtigsten geologischen Fragen ganz bestimmte Thatsachen zu bieten. — Es versteht sich von selbst, dass über gewisse einzelne Lehren der Geologie verschiedene Ansichten

herrschen und immer herrschen werden. Diess ist das Schicksal unserer Forschungen in fast allen Wissenschaften. Allein trotz dieser Verschiedenheit der Meinungen in einzelnen Gebieten der Geologie ist doch das Hauptgebäude der Wissenschaft auf wohl begründete, unbestreitbare Thatsachen gestützt.

Die geologischen Untersuchungen haben es ausser Zweifel gesetzt, dass von der ersten Zeit der Bildung unseres Erdballes an bis zum Beginn der historischen Forschungen eine unendlich, fast unglaublich lange Zeit verflossen ist. Diese Untersuchungen haben gezeigt, dass während dieser ganz ausserordentlich langen Zeit unsere Erdoberfläche eine Reihe der wesentlichsten Umgestaltungen erlitten hat. Gebirge und Gebirgszüge entstunden, und veränderten wiederholt ihre Gestalt; neue Gebirgsmassen kamen zum Vorschein, wurden wieder von andern überlagert, und veränderten abermals und mehrfach ihre Formen. — Durch diese bedeutenden Umgestaltungen unseres Planeten erlitten auch die Lebensverhältnisse auf demselben, erlitt die Pflanzen- und Thierwelt, welche in dieser Urzeit die Erde bevölkerte, während jener langen Perioden wesentliche Veränderungen. Neue Familien, Gattungen und Arten von Pflanzen und Thieren erschienen und verschwanden wiederholt, so dass mehrfach ein ganz neues Leben auf unserem Planeten sich entwickelte und wieder vernichtet wurde.

Es ist nun die Aufgabe der Geologie uns mit diesen grossen Naturereignissen bekannt zu machen, zu erforschen, welches die Beschaffenheit unseres Planeten in der ersten Zeit seiner Bildung war, welche Umgestaltungen die Erdoberfläche von dieser ältesten Zeit bis jetzt erlitten hat, wie diese Umgestaltungen bewirkt wurden und welche lebende Wesen, Pflanzen und Thiere, unsere Erde in den vorgeschichtlichen Perioden bewohnten *.

Um diese Aufgabe zu lösen hat man verschiedene Wege eingeschlagen. Am natürlichsten und passendsten scheint es die historische Methode zu wählen, und daher die geologischen Studien mit der Betrachtung der ersten, ältesten Zeit in der

* Bis auf die neueste Zeit unterschied man von der Geologie die Geognosie und gab diesen Namen dem beschreibenden Theil der Wissenschaft, während man den theoretischen, erklärenden Theil Geologie nannte. — Da Beschreibung und Erklärung auf das Innigste zusammenhängen, so vereinigt man jetzt häufig jene beiden Theile unter dem gemeinschaftlichen Namen Geologie.

Naturgeschichte unseres Planeten zu beginnen, und dann fortzuschreiten durch die späteren Perioden der Erdbildung bis zur Neuzeit. — Die oben angedeuteten, grossen geologischen Ereignisse bilden natürliche Abschnitte in der Geschichte der Erde, und geben Veranlassung mehrere Zeiträume in dieser Geschichte zu unterscheiden. Am naturgemässesten kann man sieben solcher Zeiträume der Erdbildung aufstellen.

Bevor wir die Spezialgeschichte dieser verschiedenen geologischen Perioden der Reihe nach durchgehen, dürfte es nicht nur passend, sondern selbst nothwendig seyn, der Beschreibung jener Naturereignisse einige allgemeine geologische Betrachtungen vorauszuschicken.

Allgemeine geologische Betrachtungen.

Die Gesteine, aus welchen unsere Erdrinde besteht, setzen ganze Gebirge zusammen oder ganze Felsmassen. Man pflegt sie daher gewöhnlich Gebirgsarten oder Felsarten zu nennen. — Die Untersuchungen über die Beschaffenheit dieser Gesteine haben gezeigt, dass dieselben theils durch die Wirkung der Hitze gebildet wurden, theils durch die Wirkung, oder wenigstens Mitwirkung, des Wassers.

Die Feuergesteine, welche in den ältern geologischen Perioden erzeugt worden sind, hat man plutonische Gebilde genannt, und jene der neuern und neuesten Zeit vulkanische.

Auch die aus Wasser abgelagerten Gesteine bezeichnete man, analog den vorigen, durch einen mythologischen Namen; man nannte sie neptunische Gebilde. — Um nicht ohne Noth zu viele Namen zu machen, scheint es passend auch jene Ablagerungen, welche nicht durch das Meer, sondern durch süsse Wasser erzeugt wurden, neptunische Gebilde zu nennen*.

* Weniger passend sind die Benennungen: für Feuergebilde krystallinische Gesteine, und für unter Mitwirkung des Wassers entstandene Gebilde Sediment-Bildungen. Auch neptunische Gesteine besitzen oft krystallinische Struktur, und sie sind nicht immer Sedimente im strengen Sinn des Wortes.

Manche plutonische und neptunische Gesteine haben (nachdem sie bereits vorhanden waren) theils durch Hitze, theils unter Mitwirkung des Wassers spätere Umwandelungen, mehr oder weniger grosse Veränderungen erlitten. Man gab ihnen den Namen umgewandelte oder metamorphische Gesteine.

Es gibt endlich Gesteine, welche (unter Mitwirkung des Wassers) durch Pflanzen und Thiere, also durch lebende Wesen, erzeugt worden sind. Wir wollen diese biogene Gesteine nennen.

I. Feuer-Gebilde.

Die allgemeinen Verhältnisse der Feuer-Gesteine sollen in der Reihenfolge betrachtet werden, dass zuerst von ihren Bestandtheilen die Rede ist, hierauf von ihrer Struktur, dann von der Art ihres Auftretens und endlich von den Beweisen für ihre Bildung durch Hitze.

1. Bestandtheile der Feuer-Gesteine.

Die durch Hitze erzeugten Gesteine zeichnen sich im Allgemeinen schon dadurch aus, dass ihr vorherrschender Bestandtheil, der Teig, welcher die Hauptmasse des Gesteins bildet, in der Regel eine Feldspath-Art ist (Kali-Feldspath, Oligoklas, Albit, Labrador). Man hat daher diese Felsarten auch Feldspath-Gesteine genannt. — Diese Regel erleidet wohl einige, doch nur wenige Ausnahmen.

Die Feuer-Gesteine bestehen fast immer aus zwei oder mehreren eigenen Mineralien, aus Gemengen verschiedener Mineral-Spezies. In diesem Falle werden sie gemengte Felsarten genannt. — Enthält eine Gebirgsart nur ein einziges Mineral als wesentlichen Bestandtheil, ist sie also zugleich Mineral-Spezies, so heisst sie einfaches Gestein.

Bestandtheile plutonischer Felsarten. — Die alten Feuergesteine, welche meistens gemengte Felsarten sind, enthalten als wesentliche Bestandtheile folgende Mineralien: Feldspath und zwar meist Kali-Feldspath, doch auch häufig Oligoklas, öfters Albit, bisweilen Labrador; ob auch als Seltenheit Anorthit, ist noch näher zu untersuchen. Der feldspathige Bestandtheil herrscht gewöhnlich in den plutonischen Gesteinen vor. — Ein zweites, sehr gemeines Mineral plutonischer Felsarten ist der Glimmer, welcher am

häufigsten Kali-Glimmer, öfters Magnesia-Glimmer, bisweilen Lithon-Glimmer ist. — Nächst diesem findet sich besonders häufig der Quarz. — Schon minder häufig tritt Hornblende auf, und nicht oft erscheint endlich als wesentlicher Bestandtheil gemeiner Augit, Diallag und Hypersthen. — Nur ausnahmsweise besteht eine plutonische Felsart blos aus einem einzigen Mineral; die Felsart ist also ein einfaches Gestein. Hierher gehört bloss der Feldstein-Porphyr, und selbst in diesem findet sich oft neben Kali-Feldspath noch Oligoklas.

Bestandtheile vulkanischer Felsarten. — Die Grundmasse gemengter vulkanischer Gesteine besteht am häufigsten aus Labrador; sehr häufig ist indessen auch Feldstein oder Kali-Feldspath, und manchmal tritt auch Albit auf und Oligoklas; zu den sehr verbreiteten Bestandtheilen der vulkanischen Gebirgsarten gehören ferner Augit und Magneteisen. — Quarz im freien Zustande, Glimmer und Hornblende, welche im plutonischen Gebirge so gemein sind, erscheinen in den neuern Feuer-Gesteinen theils nur selten, theils blos untergeordnet. Dagegen kommen in vulkanischen Gebilden häufig noch Olivin und Leucit vor. — Nur eine Felsart des vulkanischen Gebirges gehört gewöhnlich zu den einfachen Gesteinen, der blos aus Kali-Feldspath bestehende Trachyt.

Es dürfte nicht unpassend sein hier die, besonders für geologische Zwecke, wichtigsten Merkmale dieser Mineralien der Feuergesteine, und zwar sowohl des plutonischen als des vulkanischen Gebirges kurz anzugeben. Eine genauere Beschreibung derselben findet sich in jedem grösseren Werke über Mineralogie.

Geologisch wichtigste Mineralien der Feuergesteine.

1. Quarz.

Der Quarz besteht aus Kieselsäure, theils ganz rein, theils mit zufälligen färbenden Beimengungen.

Er krystallisirt im rhomboëdrischen oder hexagonalen System und zwar besonders häufig in sechsseitigen Prismen mit sechsseitigen Pyramiden combinirt; in Gebirgsarten aber (z. B. in Graniten oder Porphyren), wenn er dort regelmässig krystallisirt vorkommt, erscheint er meistens in doppelt sechsseitigen Pyramiden. — Am häufigsten jedoch trifft man ihn in den Felsarten in unvollkommen ausgebildeten krystallinischen Körnern, oder ganz derb.

— Der reine Quarz ist farblos; in den Gebirgsarten kommt er aber besonders häufig graulich vor; nicht selten ist er durch zufällige Beimischungen gefärbt, zumal durch Eisenoxyd schmutzig roth. — Er besitzt Glasglanz. — Seine Härte ist beträchtlich, so dass er den Feldspath ritzt und am Stahle Funken gibt. Er wird daher weder vom Fingernagel, noch von einer Messerspitze angegriffen.

Der Quarz (wie er in den Felsarten sich findet) ist unlöslich in Säuren, ausser in Flusssäure. Auch von Kalilauge wird er nur wenig aufgelöst. Am Löthrohr ist er für sich unschmelzbar; mit kohlensaurem Natron (Soda) geglüht, treibt er aus diesem die Kohlensäure unter Aufschäumen aus, und bildet kieselsaures Natron, welches zum Glase schmilzt.

2. Feldspath.

Von dieser Mineral-Gattung besitzen mehrere Arten geologische Wichtigkeit: der Kali-Feldspath (Orthoklas), der Albit, der Oligoklas und der Labrador. — Anorthit und Andesin sind bis jetzt geologisch nicht wichtig genug, um eine nähere Erwähnung zu verdienen. Der Andesin ist überdiess nach G. Rose und Bischof kein eigenes Mineral, sondern theils als kalkreicher, theils als zersetzter Oligoklas zu betrachten. — Nach Rammelsberg scheint der Anorthit, welcher nach Delesse im Kugeldiorit aus Korsika vorkommen soll, Labrador zu sein.

a. Kali-Feldspath (Orthoklas).

Dieses Mineral ist einfach-kieselsaure Thonerde mit einfach-kieselsaurem Kali zu gleichen Atomen, und besitzt daher die Formel: $\dddot{Al}\,\dddot{Si}^3 + \dot{K}\,\dddot{Si}$. — Nicht selten finden sich im Kali-Feldspath kleine Beimischungen von kieselsaurem Natron und kieselsaurem Kalk, so dass der Natron- und Kalk-Gehalt manchmal zwei Prozente und darüber erreicht. In diesem Falle ist dann der Gehalt an kieselsaurem Kali etwas geringer als gewöhnlich in der Weise, dass die zwei oder drei Silikate zusammen genommen ein Atom ausmachen. — Häufig ist der Kali-Feldspath in Gebirgsarten durch geringe Beimischungen von Eisenoxyd oder Manganoxyd fleischroth bis braunroth gefärbt, oder durch kieselsaures Eisenoxydul grau und schmutzig grünlich.

Das Mineral krystallisirt klinorhombisch, und zwar in schiefen rhombischen Prismen mit einem zweiten Prisma und mit Octaedern combinirt.

Häufig zeigen sich Zwillings-Verwachsungen. — In Gebirgsarten erscheint der Feldspath sehr oft derb und von körniger oder blättriger Structur. Am häufigsten ist er weiss, bisweilen ins Grauliche und Blauliche, dann hellroth bis braunroth. Ausnahmsweise zeigt er Glasglanz (Adular und glasiger Feldspath), am häufigsten aber Fettglanz oder auf der Spaltungsfläche, welche mit der Endfläche des klinorhombischen Prismas parallel liegt, Perlmutterglanz (gemeiner Feldspath); manchmal ist er fast matt (Feldstein). Seine Absonderung ist blättrig oder späthig, theils mit ebenblättrigem, theils mit unebenem oder splitterigem Bruch. Er spaltet sich vorzüglich in zwei Richtungen: nach der Endfläche des Prismas und parallel der Abstumpfungs-Fläche der scharfen Seitenkanten; diese Spaltungsflächen stossen unter rechten Winkeln zusammen. Die Härte des Feldspaths liegt unter jener des Quarzes, so dass er von diesem geritzt wird, dagegen ist er härter als Apatit. Von einer Messerspitze wird der Feldspath nicht geritzt. Sein spezifisches Gewicht beträgt 2,53—2,58.

Säuren greifen das Mineral nicht oder kaum an. Am Löthrohr ist der Feldspath schwer schmelzbar. Beim Glühen mit Aetz-Baryt in einem Platin-Tiegelchen wird er aufgeschlossen, d. h. zerlegt. Salzsäure scheidet dann aus dem zerlegten Feldspath Kieselsäure ab und löst die Salzbasen des Minerals auf, deren Gegenwart durch Reaktion auf dieselben erkannt werden kann.

b. Albit.

Diese Feldspathart unterscheidet sich vom Kali-Feldspath chemisch nur dadurch, dass sie statt einem Atom einfach-kieselsaurem Kali ein Atom kieselsaures Natron enthält, also die Formel hat: $\dddot{\bar{A}}l\ \dddot{S}i^3 + \dot{N}a\ \dddot{S}i$. — Während der Orthoklas also Kali-Feldspath ist, ist der Albit Natron-Feldspath. — Häufig wird etwas Natron durch eine kleine Beimischung von kieselsaurem Kali oder kieselsaurem Kalk ersetzt. Die gewöhnlichen, zufällig färbenden Bestandtheile sind dieselben wie beim Feldspath.

Der Albit krystallisirt im klinorhomboidischen System, und die Grundform bildet das schiefe rhomboidische Prisma, das aber gewöhnlich mit einem zweiten Prisma und mit Oktaëdern kombinirt vorkommt. Durch diese klinorhomboidische Krystallisation unterscheidet sich der Albit schon gut vom Feldspath. Uebrigens nähern sich doch die Winkelverhältnisse der Krystalle in beiden Feldspathen.

Zwillings-Bildungen, und zwar mit aus- und ein-springenden Winkeln, kommen beim Albit häufig vor. Diese Zwillings-Bildungen werden oft bei dem undeutlich krystallisirten Albit durch zarte Streifungen angedeutet. — Der Albit kommt meistens derb vor und dann in körniger oder blättriger Gestalt. Sein Bruch ist häufig uneben oder höckerig. Er besitzt gewöhnlich Fettglanz oder Perlmutterglanz, und diesen letztern auf der mehr ebenen, der Endfläche des Prismas parallel laufenden Spaltungsfläche, auf welcher sich auch die Zwillings-Streifungen zeigen. Seine Farbe ist am häufigsten weiss, doch auch öfters hellroth, gelblich oder graulich. Die Härte ist die des Feldspaths, und das spez. Gew. 2,6—2,67.

Säuren wirken nicht auf den Albit. Am Löthrohr schmilzt er schwer, und ertheilt dabei der Löthrohrflamme eine hellgelbe Farbe. Durch Glühen mit Aetz-Baryt wird er zersetzt. Behandelt man die aufgeschlossene Masse mit Salzsäure, so zeigt die salzsaure Lösung starke Natron-Reaktion.

c. Oligoklas.

Dieses Mineral besteht aus *zweidrittel*-kieselsaurer Thonerde mit einfach-kieselsaurem Natron, Kalk und Kali zu gleichen Atomen, nach der Formel $\dddot{\bar{Al}}\,\dddot{Si}^2 + (\dot{Na}, \dot{Ca}, \dot{K})\,\dddot{Si}$. — Nach dieser Zusammensetzung würde, rein chemisch betrachtet, der Oligoklas nicht zum Feldspath gehören, welcher nur *neutrale* Silikate enthält. Allein in seinen Eigenschaften und in der Art seines Vorkommens nähert sich das Mineral dem Feldspath so sehr, dass es für geologische Zwecke am passendsten zu diesem gestellt wird.

Der Oligoklas krystallisirt im klino-rhomboidischen System, und zwar in schiefen rhomboidischen Prismen mit verschiedenen Combinationen und sehr häufig mit Zwillings-Bildungen. — In den Gebirgsarten kommt der Oligoklas meistens nur derb vor, und dann von körniger Struktur. Er findet sich in den Gesteinen meistens in Begleitung von Kali-Feldspath, und unterscheidet sich dann von demselben gewöhnlich schon durch *verschiedene Farbe*. Während nämlich der gemeine Feldspath, zumal im Granit, häufig durch Eisenoxyd hell- bis dunkelroth gefärbt ist, zeigt der Oligoklas eine weisse Farbe oder durch Beimengung von Eisenoxydul eine grauliche und grünliche. Der Kali-Feldspath findet sich ferner sehr oft in grösseren Individuen im Gesteine vor als der neben ihm liegende Oligoklas. Dieses Mineral besitzt theils Fettglanz oder

Wachsglanz, theils, und zwar auf den der Endfläche des klinorhomboidischen Prismas parallel laufenden Spaltungsflächen Glasglanz bis Perlmutterglanz. Auf diesen letzteren Spaltungsflächen zeigt der Oligoklas zarte Zwillingsstreifungen; diese sind jedoch wegen mangelhafter Ausbildung jener Flächen in dem körnigen Mineral öfters nicht deutlich wahrzunehmen. Der Oligoklas hat die Härte des Feldspaths, so dass dieselbe zwischen jener des Quarzes und Apatits mitten inne steht und das Mineral von einer Messerspitze nicht geritzt wird. Sein spez. Gew. beträgt 2,64—2,682, ist also gewöhnlich etwas grösser als jenes des Albits und jedenfalls grösser als das des Kali-Feldspaths, wodurch er sich auch von diesem unterscheidet.

Salzsäure oder Schwefelsäure zerlegen den Oligoklas nicht. Am Löthrohr schmilzt er nicht leicht, doch leichter als Feldspath und Albit. Von kohlensaurem Kali oder Aetz-Baryt wird er in starker Glühhitze zersetzt, aufgeschlossen. Die mit heisser Salzsäure behandelte, zerlegte Masse liefert eine Flüssigkeit, welche starke Kalk-Reaktion zeigt. Der Kalkgehalt des Oligoklas beträgt zwar im Mittel 3,3 Prozente, doch schwankt er auch zwischen 2 bis 5 Prozenten, so dass diese Kalk-Reaktion bald etwas schwächer, bald etwas stärker ist. Der durch Aetzbaryt aufgeschlossene Oligoklas lässt ferner deutliche Natron-Reaktion wahrnehmen.

d. Labrador.

Wenn man nur die chemische Zusammensetzung berücksichtigt, so gehört auch dieses Mineral, wie der Oligoklas, nicht zum Feldspath. Der Labrador besteht nämlich aus drittel-kieselsaurer Thonerde mit einfach-kieselsaurem Kalk und Natron, nach der Formel $\dddot{Al}\,\dddot{Si} + (\dot{Ca}, \dot{Na})\,\dddot{Si}$. — Manche Labradore enthalten noch kleine Beimengungen von kieselsaurem Kali, Eisenoxyd und kieselsaurer Kalkerde. Obwohl nun das Mineral nach dieser Zusammensetzung von dem Feldspath getrennt werden sollte, so ist es doch zweckmässig, dasselbe in einer Gattung mit ihm zu vereinigen, wegen grosser Aehnlichkeit in der Krystallform und in dem geologischen Vorkommen.

Der Labrador krystallisirt im klino-rhomboidischen System, und zwar in schiefen rhomboidischen Prismen mit mehreren Combinationen und Zwillings-Bildungen. — In den Gebirgsarten findet er sich gewöhnlich derb, von körniger bis blättriger Struktur. Seine Farbe ist häufig grau, und dann zeigt er öfters ein Farbenspiel ins

Bläuliche, Grünliche und Röthliche; häufig jedoch findet sich auch weisser Labrador. Das Mineral hat Glasglanz auf der der Endfläche des Prismas parallelen Spaltungsfläche, und Fettglanz auf den übrigen Flächen; er zeigt auf diesen Flächen Zwillings-Streifungen. Seine Härte ist die des Feldspaths.

Der Labrador wird von concentrirter heisser Salzsäure zerlegt, wodurch er sich leicht und bestimmt von den übrigen Feldspathen unterscheidet. Die salzsaure Flüssigkeit zeigt Kalk- und Natron-Reaktion. Am Löthrohr schmilzt der Labrador leichter als die andern Feldspathe.

3. Glimmer.

Mit diesem Namen hat man Mineralien belegt, welche mehr in ihren äussern physikalischen Merkmalen Aehnlichkeit unter einander zeigen, als durch die Zusammensetzung, und durch die krystallographischen Charaktere. Die Mineralien, welche man jetzt noch unter der Benennung Glimmer vereinigt, enthalten so verschiedene Bestandtheile, dass man sie unter verschiedene Formeln bringen muss, und dass man häufig keine sichere Formeln für dieselben aufstellen kann; anderseits erscheinen die Glimmer auch in verschiedenen Krystall-Systemen. Man wird daher wohl später bei genauerer wissenschaftlicher Kenntniss dieser Mineralien, dieselben in mehrere eigenthümliche Gattungen und Arten abzutheilen genöthigt sein. — Vorläufig wollen wir noch die Glimmer-Arten als einer Mineral-Gattung angehörend betrachten.

Was zunächst die Zusammensetzung der Glimmer betrifft, so bestehen sie häufig aus vier Atomen drittelkieselsaurer Thonerde mit einem Atom einfach kieselsaurem Kali (Kali-Glimmer). — In andern Fällen enthält der Glimmer ein Atom drittelkieselsaure Thonerde und Eisenoxyd mit einem Atom drittelkieselsaurer Talkerde, Eisenoxydul und Kali (Talk-Glimmer, Magnesia-Glimmer). — Oft jedoch zeigen sich Kali- und Talk-Glimmer auch so zusammengesetzt, dass man sie nicht unter die angegebenen Formeln bringen kann. — Bisweilen enthalten die Glimmer kieselsaure Thonerde, Eisen-Oxyd und Mangan-Oxyd mit kieselsaurem Kali, Natron und Lithon, und mit einem Fluor-Metall in unbestimmter Formel aller dieser Stoffe (Lithon-Glimmer). — Wenn man jedoch, mit Rammelsberg, das Fluor als Vertreter des Sauerstoffs ansieht, so stimmt die Formel der Lithon-Glimmer im Wesentlichen mit jener

der Kali-Glimmer überein. — Bisweilen findet sich in diesen Mineralien ein kleiner Wasser-Gehalt, der aber ohne Zweifel nur von einer theilweisen Veränderung des Glimmers an feuchter Luft herrührt.

Auch in den krystallographischen Merkmalen zeigen die Glimmer bedeutende Verschiedenheiten. Der Kali-Glimmer, und wie es scheint auch der Lithon-Glimmer, krystallisiren im klinorhombischen System und zeigen zwei Achsen der doppelten Strahlenbrechung; sie sind optisch zweiachsig, während manche Talk-Glimmer im rhomboëdrischen oder hexagonalen System krystallisiren und optisch einachsig sind. Indessen kommen auch klinorhombische und zweiachsige Talk-Glimmer vor. — Endlich soll es auch Glimmer geben, welche nicht klinorhombisch, sondern orthorhombisch krystallisiren.

Das Mineral bildet meistens niedrige unregelmässig sechsseitige Prismen oder bei manchen Talk-Glimmern regelmässig hexagonale Tafeln. Sehr häufig erscheint der Glimmer in unregelmässig ausgebildeten krystallinischen Blättern und Schuppen. Er zeichnet sich besonders durch seinen Metallglanz aus, bei der geringen Härte blos des Gypses bis Kalkspathes und dem geringen spez. Gew. von 2,8—3,1. Am häufigsten besitzt das Mineral schwarze, braune oder silberweisse Farben. Die schwarzen und dunkelbraunen Glimmer werden leicht an feuchter Luft hell braungelb, indem ihr Eisenoxydul sich in Eisenoxyd-Hydrat verwandelt. Seltener sind farblose, grüne und rothe Glimmer.

Am Löthrohr schmilzt der Glimmer bald schwierig, bald mehr oder weniger leicht. Am leichtesten schmelzbar ist der Lithon-Glimmer wegen seines Fluor-Gehaltes. Zugleich färbt derselbe die Spitze der Löthrohr-Flamme purpurroth. Von Säuren werden die Glimmer häufig nicht angegriffen. Die Talk-Glimmer jedoch werden durch konzentrirte heisse Schwefelsäure zersetzt, und die schwefelsaure Flüssigkeit zeigt nach dem Verdünnen Talkerde-Reaktion. — Die fluorhaltigen Glimmer entwickeln beim Erhitzen mit Schwefelsäure Fluorwasserstoff-Säure.

4. Hornblende (Amphibol).

Ueber die Zusammensetzung der Hornblende, welches Mineral dem Augit sehr nahe steht, lassen auch die neuesten Untersuchungen noch einigen Zweifel. Die Formel der Hornblende kommt der An-

nahme nahe, dass dieselbe aus 3 Atomen Kieselsäure und 4 Atomen von Basen bestehe, welche 1 Atom Metall und 1 Atom Sauerstoff enthalten, und Kalk, Talkerde und Eisenoxydul sind. Die gemeine Hornblende enthält indessen immer auch eine Beimischung von Thonerde bis zu 13 Prozenten und darüber. Eben dieser Thonerde-Gehalt macht die Zusammensetzung des Minerals unsicher. Da die Thonerde, welche 3 Atome Sauerstoff enthält, nicht zu der Formel anderer Hornblenden passt, welche nur Basen mit einem Atom Sauerstoff enthalten, namentlich Tremolit und Anthophyllit, so nehmen einige Chemiker an, diese Thonerde sei nicht als Basis in der Hornblende enthalten, sondern als Säure und ein Ersatzmittel der Kieselsäure.

Das Mineral krystallisirt im klino-rhombischen System, meistens in schiefen rhombischen Prismen mit einem zweiten Prisma und mit einem Oktaëder kombinirt. Die Oktaëder-Flächen sind niedrig und es ist dieser Kombination eigenthümlich, dass sich sehr häufig nur drei solcher Flächen eines stumpfen Oktaëders zeigen, wovon zwei einander gegenüber liegen und die dritte (hintere) Fläche auf die Berührungs-Kante der zwei ersten zuläuft.

Statt deutlich krystallisirt kommt die Hornblende namentlich in den Gebirgsarten sehr häufig bloss in krystallinischen Blättern und Schuppen vor, seltener strahlig. Ihre Farbe ist meistens schwarz, bisweilen schmutzig-grün. Sie zeigt ausgezeichnete Spaltbarkeit nach den Flächen des Prismas. Ihre Härte ist die des Feldspaths und etwas darunter. Sie besitzt Glasglanz, manchmal übergehend in Perlmutterglanz. — Durch die Krystallisation, die blättrige oder schuppige Struktur, durch die leichte Spaltbarkeit ist die Hornblende schon äusserlich leicht von dem ähnlichen Augit zu unterscheiden. Als empirisches Unterscheidungs-Merkmal mag auch noch erwähnt werden, dass die Hornblende vorzugsweise im plutonischen, der Augit dagegen meist im vulkanischen Gebirge vorkommt.

Am Löthrohr schmilzt die Hornblende, besonders leicht die eisenreiche, zum Glase unter Aufschwellen. Durch Salzsäure und Schwefelsäure wird sie kaum angegriffen, mit Ausnahme der sehr eisenschüssigen Hornblende, welche von diesen Säuren theilweise zerlegt wird.

5. Augit (Pyroxen).

Dieses Mineral ist ein Zweidrittel-Silikat von Basen mit einem Atom Metall und einem Atom Sauerstoff. — Diese Basen sind Kalk,

Talkerde, Eisenoxydul und bisweilen Manganoxydul. — Manche Augite enthalten etwas Thonerde und zwar bis zu 7 Prozent. Nicht selten jedoch kommen ganz Thonerde-freie Augite vor. Da die Thonerde drei Atome Sauerstoff enthält, so passt sie nicht in die Formel der einatomigen Basen. Es ist überhaupt noch nicht genau festgestellt, in welchem Zustande sich die Thonerde in den Augiten befindet, ob sie vielleicht nur ein zufälliger Bestandtheil derselben, oder aber ein Ersatzmittel der Kieselsäure sei.

Unter den verschiedenen Arten der Augite sind die drei nachstehenden als wesentliche Bestandtheile von Gebirgsarten geologisch mehr oder minder beachtenswerth:

a. Gemeiner Augit.

Das Mineral krystallisirt im klino-rhombischen System in schiefen rhombischen Prismen durch Abstumpfung von zwei Seiten-Kanten, minder häufig durch Abstumpfung aller vier Seiten-Kanten, mit einem zweiten Prisma kombinirt. Meistens zeigt der Augit auch Kombinationen mit zwei Oktaëder-Flächen (sog. augitische Endzuschärfung), manchmal Kombination mit einem vollständigen Oktaëder. Die Winkel-Verhältnisse dieser und anderer Kombinationen sind verschieden von jenen der Hornblende. — Zwillings-Krystalle kommen beim Augit ziemlich häufig vor.

In den Felsarten findet sich der Augit sehr oft deutlich krystallisirt, aber auch nicht selten bloss von stängliger oder blättriger Struktur, oder auch ganz derb und von körniger Beschaffenheit. Seine Farbe ist meist schwarz und grau, bisweilen dunkelgrün. Er hat Glasglanz übergehend in Fettglanz, und ist undurchsichtig oder nur wenig durchscheinend. Seine Spaltbarkeit ist gering, namentlich in Vergleich mit jener der Hornblende, und seine Härte ist ungefähr die des Feldspaths, manchmal bloss jene des Apatits.

Am Löthrohr schmilzt der gemeine Augit zum Glas. Von Phosphor-Salz wird er fast gar nicht zersetzt. Säuren greifen das Mineral kaum an, sowohl im ungeschmolzenen Zustand desselben, als wenn es vorher geschmolzen wurde.

b. Diallag.

Der Diallag hat im Wesentlichen die Formel des gemeinen Augits. Die drei Basen, Talkerde, Kalk und Eisenoxydul, sind in angegebener Reihen-Folge als Zweidrittel-Silikate vorhanden, so dass unter denselben die Talkerde vorherrscht.

Das Mineral ist meist derb, von körnig-blättriger Struktur, spaltbar und von grüner, in's Bräunliche übergehender Farbe. Der Diallag besitzt häufig metallartigen Perlmutterglanz, besonders auf den frischen Spaltungs-Flächen; manchmal jedoch zeigt er nur Seiden- oder Fett-Glanz; dabei ist er undurchsichtig oder höchstens an den Kanten durchscheinend. Die Härte des Minerals ist nur jene des Flussspathes.

Am Löthrohr schmilzt der Diallag zum Email. Von Phosphor-Salz wird er zersetzt. Säuren greifen ihn nicht an.

c. Hypersthen.

Dieser Augit ist kalkfrei und besteht bloss aus zweidrittel-kieselsaurer Talkerde, mit zweidrittel-kieselsaurem Eisenoxydul.

Das Mineral kommt nur derb vor, von blättriger und körniger Struktur. Seine Farbe ist schwarz, in's Grauliche, Grünliche und Bräunliche. Es hat metallartigen Perlmutterglanz, übergehend in Glas- und Fett-Glanz und ist undurchsichtig. Das Mineral lässt sich leicht spalten und besitzt die Härte des Feldspaths bis zur Quarz-Härte.

Das chemische Verhalten des Hypersthens ist das des Diallags, jedoch wird er von Phosphor-Salz nur wenig angegriffen. — Von der Hornblende unterscheidet er sich theils durch grössere Härte, theils und besonders durch seinen Mangel an Kalk oder durch den nur unbedeutenden Kalk-Gehalt. Das mit kohlensaurem Natron aufgeschlossene Mineral zeigt daher entweder gar keine Kalk-Reaktion oder diese, bei zufälliger Kalk-Beimischung, nur in geringem Grade.

6. Olivin.

Dieses Mineral, welches einen regelmässigen, wesentlichen Bestandtheil des Basaltes (einer sehr häufigen Felsart des vulkanischen Gebirges) bildet, ist im Wesentlichen ein Drittel-Silikat der Talkerde und des Eisenoxyduls, nach der Formel $(\dot{Mg}, \dot{Fe})\ddot{Si}$. Er krystallisirt im rhombischen System (Chrysolith), erscheint jedoch in Gebirgsarten fast immer in blossen Körnern. Seine Farbe ist vorherrschend schmutzig-grün (olivengrün); durch Oxydation wird er nicht selten unter Verwitterung und Bildung von Eisenoxyd oder Eisenoxyd-Hydrat braunroth, gelb oder braun. Der frische, nicht verwitterte Olivin besitzt Glasglanz und Härte des Feldspathes bis zu jener des Quarzes.

Am Löthrohr ist das Mineral kaum schmelzbar. — Von Salzsäure wird es nur wenig angegriffen. Von Schwefelsäure aber wird sein

Pulver in der Wärme leicht zersetzt. Die schwefelsaure Flüssigkeit zeigt Bittererde- und Eisen-Reaktionen.

7. Leuzit.

Er findet sich als wesentlicher Bestandtheil im Leuzit-Porphyr und in den Leuzit-Laven, zwei nicht allgemein verbreiteten Gesteinen des vulkanischen Gebirges. — Der Leuzit besteht aus drei Atomen zweidrittel-kieselsaurer Thonerde und einem Atom zweidrittel-kieselsaurem Kali: $3\,\dddot{\bar{\text{Al}}}\,\dddot{\text{Si}}^2 + \dot{\text{K}}^3\,\dddot{\text{Si}}^2$.

Er krystallisirt im regelmässigen System und zwar immer in Trapezoëdern (Leuzitoëdern) oder in krystallinischen Körnern. Seine Farbe ist meistens schmutzig-weiss, manchmal in's Graue und Gelbliche. Er besitzt bisweilen Glasglanz, meistens Fettglanz, und zeigt eine Härte zwischen Apatit und Feldspath.

Am Löthrohr ist er für sich unschmelzbar. Im Reagenz-Röhrchen erhitzt gibt er kein Wasser aus. — In heisser Salzsäure ist er theilweise löslich unter Abscheidung von Kieselsäure, die jedoch keine vollkommene Gallerte bildet.

8. Magneteisen.

Eine Verbindung, kein blosses Gemeng, von gleichen Atomen Eisenoxydul und Eisenoxyd, ersteres als Basis, letzteres als Säure: $\dot{\text{Fe}}\,\dddot{\bar{\text{Fe}}}$.

Das Mineral kommt als Haupt-Bestandtheil von Gebirgsarten fast nur in vulkanischen Gesteinen vor. Es krystallisirt im regelmässigen System meist in regulären Oktaëdern, theils in der Grundform, theils in einigen Kombinationen. Als wesentlicher Gemengtheil der Felsarten hat es gewöhnlich körnige bis dichte Struktur. Es besitzt eine grau-schwarze Farbe, Quarz-Härte und ist metallglänzend, in Gebirgsarten oft glanzlos oder matt. Das Magneteisen zeichnet sich besonders durch seine Eigenschaft aus, vom Magnet gezogen zu werden. — Es löst sich in heisser Salzsäure und die Lösung zeigt die Reaktionen des Eisenoxyduls und Oxydes.

Wasser-haltige Mineralien, wie Chlorit, Talk, Serpentin, Zeolith u. s. w. können nicht in ursprünglichen, in der Glühhitze erzeugten Feuer-Gesteinen vorkommen. Sie finden sich als wesentliche Bestandtheile in umgewandelten oder metamorphischen Gebirgsarten. Es soll daher später erst von solchen Mineralien die Rede seyn.

2. Struktur-Verhältnisse der Feuer-Gesteine.

In Bezug auf ihren Bau, auf ihre Struktur, zeichnen sich die Feuer-Gesteine durch eine krystallinische Beschaffenheit ihrer Bestandtheile aus. Die Krystall-Formen der Mineralien sind jedoch meistens nicht regelmässig ausgebildet; am häufigsten zeigen sich bloss krystallinisch körnige, blättrige oder schuppige, seltner Nadelförmige Gestalten. Oft enthalten jedoch die plutonischen und vulkanischen Felsarten auch gut ausgebildete Krystalle, besonders von Feldspath, Quarz und Augit. Die krystallinischen Mineralien der Feuer-Gesteine liegen häufig in grösseren und kleineren, unregelmässig eckigen Körnern neben einander; die Gesteine besitzen eine körnige Struktur (Beispiele geben die Granite). — In andern ziemlich häufigen Fällen haben diese Gesteine eine dichte Struktur, sie bestehen aus einer gleichartigen, zusammengeflossenen Masse, welche nicht in Körner oder Blätter abgetheilt ist (Beispiele: dichte Feldsteine). — Porphyr-Struktur zeigen die plutonischen und vulkanischen Felarten, wenn in einer dichten oder körnigen Grund-Masse einzelne Krystalle liegen, welche deutlich aus dieser Grund-Masse hervortreten. — Mandelstein-Struktur (schlackige Struktur), welche übrigens selten bei plutonischen, sehr häufig aber bei vulkanischen Gebirgsarten vorkommt, nennt man die Beschaffenheit der Gesteine, wobei sich dieselben mit zahlreichen Höhlungen, Blasenräumen, erfüllt zeigen. Diese Blasenräume sind entweder leer oder sie enthalten irgend ein besonderes Mineral.

Im Grossen betrachtet findet man die Feuer-Gesteine häufig in Platten abgetheilt, plattenförmig abgesondert. Diese Platten haben eine sehr verschiedenartige Dicke, bald von mehreren Zollen bis zu mehreren Fussen, bald sind sie ganz dünn, so dass dann die Gesteine eine schieferige Absonderung erhalten. Ausserordentlich häufig liegen die Platten nicht in ebenen Flächen auf einander, sondern gekrümmt, so zwar, dass eine gebogene Platte die andere wie eine Schaale bedeckt; die Gesteine zeigen dann schaalige Absonderung. Diese Platten oder Schaalen nehmen eine sehr verschiedene Richtung in den Gebirgen; auf eine kurze Strecke wenden sie sich an einer Stelle nach dieser Himmels-Gegend, an einer andern nach einer ganz verschiedenen. Auch die Krümmung der einzelnen Schaalen ist sehr verschiedenartig, bald schwach, bald stark.

Die plattenförmige oder schaalige Absonderung der Feuer-Gesteine erklärt sich sehr genügend aus ihrem Uebergang von dem geschmolzenen in den festen Zustand, aus dem Erstarren derselben. Als die geschmolzenen Steine erkalteten und fest wurden, zogen sie sich zusammen und lösten sich dadurch von der noch weichen Unterlage ab. Als auch diese fest wurde, trennte sie sich wieder von dem darunter befindlichen noch weichen Gestein und so bildete sich nach und nach eine Platte über der andern. Ganz ähnliche Erscheinungen sehen wir bei unsern Schmelzungs-Versuchen, sowohl im Kleinen in chemischen Laboratorien als im Grossen auf den Hüttenwerken.

Nicht selten erscheinen plutonische oder vulkanische Gebirgsarten nicht in plattenförmiger Absonderung, sondern ganz massig. Grössere Felsen nämlich zeigen sich nicht weiter abgetheilt, sie bilden ein homogenes Ganze und sind nur von einzelnen Spalten oder Rissen (Klüften) ganz unregelmässig und in den verschiedensten Richtungen durchzogen. Diese Art des Auftretens erklärt sich wieder befriedigend aus besondern Verhältnissen beim Erkalten der geschmolzenen Gesteine. — Es ist mehr als wahrscheinlich, dass die alten Feuer-Gesteine (die plutonischen) langsamer erkalteten als die jüngern und jüngsten (die vulkanischen). Diess mag die Erscheinung erklären, dass die plutonischen Gebilde weit häufiger plattenförmige und schaalige als massige Struktur besitzen, während der umgekehrte Fall bei den vulkanischen Gesteinen beobachtet wird.

3. Art des Auftretens der Feuer-Gebilde im Grossen.

Fast alle Feuer-Gesteine wurden in so grossen Massen erzeugt, dass sie jetzt ganze Berge, ja die meisten ganze Gebirgszüge bilden.

Die Gestalten dieser Berge sind sehr unregelmässig und mannigfaltig. Bald erscheinen sie in langgezogenen Formen mit abgerundeten breiten Rücken, bald in dachförmigen Gestalten mit schmalen Gebirgs-Kämmen. In andern Fällen bilden sie runde, glocken- und domförmige Massen, und öfters zeigen sie spitze, kegelförmige Gestalten. — Bald steigen diese Berge steil an, bald besitzen sie mehr oder weniger sanft sich verflachende Abhänge.

Die Gestalten der plutonischen und sehr vieler vulkanischer Berge, wie wir sie jetzt vor uns sehen, hängen nicht nur von

besondern Umständen bei ihrer ersten Bildung, sondern ganz vorzüglich davon ab, dass dieselben in spätern Zeiten, nachdem sie längst zu festen Massen erstarrt waren, mehr oder weniger grosse Veränderungen erlitten haben. Wir werden uns nämlich später überzeugen, dass diese Berge durch mehrfach wiederholte zerstörende Naturereignisse erschüttert und in die Höhe gehoben wurden, oder dass sie durch solche Erschütterungen bedeutende Senkungen erlitten. Wo nun solche Umwälzungen eintraten wurden die Berge zertrümmert und öfters mehr oder weniger tief eingerissen, zerspalten. Es bildeten sich dadurch Schluchten und Thäler mit steilen felsigen Gebirgs-Abhängen und in Folge jener Zertrümmerungen ragen jetzt auf den Höhen dieser Berge spitze, zackige, thurmförmige und zerrissenen Mauern ähnliche Fels-Massen hervor. Beispiele dieser Gestalten der Berge und Thäler zeigen sich besonders in plutonischen Gebirgen, die grossartigsten in den Alpen.

Eine zweite Art des Auftretens der Feuer-Gebilde ist die in G ä n g e n u n d S t ö c k e n. — Statt ganze Berge zu bilden durchziehen nämlich plutonische und vulkanische Massen andere Gesteine in Gestalt von Adern, welche sich auf manchfaltige und unregelmässige Weise in den Gebirgen verzweigen; oder sie dringen in Form von Keilen in fremde Gesteine ein. Diese Adern und Keile, diese G ä n g e besitzen eine sehr verschiedene Dicke (Mächtigkeit) von ein Paar Zollen bis zu mehreren Fuss und ihre Längen-Erstreckung ist öfters sehr bedeutend. Die Gänge haben bald eine geneigte, bald eine mehr oder weniger wagrechte, bald eine senkrechte Stellung, und diese wechselt bei einem und demselben Gang in seiner ganzen Erstreckung mehrfach ab; sie zeigen also sehr verschiedenartige Neigungen gegen eine Horizontallinie, ein verschiedenartiges F a l l e n. Die Gänge durchziehen das Gebirge nach den verschiedensten Himmels-Gegenden; sie haben ein sehr verschiedenes S t r e i c h e n.

Oefters treten plutonische und vulkanische Massen in Gängen von beträchtlicher Mächtigkeit auf; sie bilden S t ö c k e. Diese durchbrechen fremde Gesteine in ganzen Felsmassen oder bisweilen in ganzen kleinen Bergen, welche häufig in abgerundeten Kuppen oder in spitzen Kegeln aus dem durchbrochenen Gestein hervorragen.

Eine bekannte Thatsache ist es, dass neuere Feuer-Gebilde im geschmolzenen Zustande, als L a v e n, aus- und überfliessen.

4. Beweise für die Entstehungsart der Feuer-Gesteine.

Die Thatsachen, aus welchen wir den Schluss ziehen müssen, dass die Gesteine, denen wir eine Entstehung durch Hitze zuschreiben, wirklich Feuer-Erzeugnisse seien, sind folgende:

Die Bestandtheile dieser Gesteine sind ganz verschieden von jenen der *unzweifelhaft* neptunischen Gebilde. Schon hieraus können wir schliessen, dass jene Felsarten einen verschiedenen Ursprung haben müssen, und dann bleibt nur die Annahme übrig, dass sie ursprünglich durch die Wirkung der Hitze gebildet wurden.

Die Erzeugnisse der *jetzt noch thätigen Vulkane* enthalten theils ganz dieselben, theils ähnliche Bestandtheile wie die in vorgeschichtlicher Zeit gebildeten Gesteine, denen wir einen feurigen Ursprung zuschreiben. Beide Gebilde, die Feuererzeugnisse der alten wie der gegenwärtigen Zeit, sind vorherrschend Feldspath-Gesteine, und sowohl ihre Struktur-Verhältnisse, als die Art ihres Auftretens stimmen theils vollkommen, theils im Wesentlichen miteinander überein. Wenn wir nun unter unsern Augen Feuer-Gebilde entstehen sehen, welche mit alten Gesteinen so vollkommen übereinstimmen, oder denselben so sehr ähnlich sind, so dürfen wir an dem gleichen Ursprung dieser vorgeschichtlichen Bildungen nicht zweifeln.

Die Felsarten, welche wir Feuergesteine nennen, zeigen nicht die regelmässige, *ebenflächige Schichtung* der aus Wasser abgesetzten Gebilde, und sie enthalten keine Zwischenlager von Lehm, Mergel, Sand und Geröllen.

Während sich in neptunischen Ablagerungen mehr oder weniger häufige Reste von Pflanzen und Thieren (Versteinerungen) finden, sind die Feuergesteine ganz *frei von Versteinerungen*, was augenscheinlich auf eine ganz andere Bildungsweise schliesen lässt.

Die Feuergesteine treten häufig *gang- und stock-förmig* in einer Weise auf, dass man mit der grössten Wahrscheinlichkeit annehmen darf, die Gangmasse sei im geschmolzenen Zustande von unten nach aufwärts in das Gebirgs-Gestein eingedrungen. — Die Bestandtheile, die Mineralien, dieser in Stöcken und Gängen auftretenden Gesteine stimmen häufig mit den Felsarten überein, welche auch ganze Gebirge bilden, und von denen wir aus obigen Gründen annehmen dürfen, dass sie Feuererzeugnisse sind. — Das

Nebengestein, in welches der Stock oder Gang eindrang, hat manchmal Veränderungen erlitten, welche es theils ausser Zweifel setzen, theils wahrscheinlich machen, dass eine starke Hitze auf dasselbe gewirkt habe. (Das Nähere hierüber wird im speziellen Theil angeführt werden.)

II. Neptunische Gebilde.

Die Gesteine, welche aus Wasser abgesezt wurden, unterscheiden sich von den Feuer-Gebilden durch folgende Hauptcharaktere: Sie bestehen aus andern Mineralien, als diese; sie sind regelmässig, und meist ebenflächig geschichtet; sie enthalten organische Reste, versteinerte Pflanzen und Thiere.

1. Allgemeine Merkmale der neptunischen Gebilde.

a. Fassen wir zuerst die mineralogische Zusammensetzung, die petrographische Beschaffenheit der neptunischen Gesteine ins Auge, so zeigt sich, dass nur wenige Felsarten im neptunischen Gebirge auftreten. Diese Felsarten sind: Kalksteine, Dolomite, Mergel, Thone, Sandsteine und Conglomerate; dann minder häufig und in weit geringerer Ausdehnung und Mächtigkeit: Gyps, Anhydrit, Steinsalz, Steinkohlen, Eisenerze, Muschel-Conglomerate. — Die mineralogischen Merkmale der zuerst genannten Gesteine sollen nun hier kurz beschrieben werden; von den übrigen, minder häufig verbreiteten wird passender bei dem Vorkommen derselben die Rede seyn.

Kalksteine.

Im reinen Zustande bestehen sie bloss aus kohlensaurem Kalk. Nur ausnahmsweise jedoch sind die Kalksteine des neptunischen Gebirges frei von zufälligen Beimengungen.

Die Farbe der reinen Kalksteine ist weiss; meist aber sind diese Gesteine gefärbt: hell bis dunkelgrau durch organische Stoffe (sog. Bitumen), schmutzig gelb oder braun durch Eisenoxyd-Hydrat, hell bis dunkel braunroth durch Eisenoxyd, bisweilen schwarz durch Kohle. — Sie besitzen in der Regel eine dichte Struktur, bisweilen eine körnige (Marmor), manchmal eine erdige (weisse Kreide), nicht selten bestehen sie aus einer Menge kleiner, hirsekorn- bis

erbsengrosser Körner, welche eine schaalige Absonderung zeigen; sie sind sog. Rogensteine (Oolithe) oder Erbsensteine (Pisolithe). Bisweilen findet sich der kohlensaure Kalk in der Natur in grössern Massen in der Form des Kalktuffes, locker, schwammig, löcherig. — Die Härte der Kalksteine liegt zwischen jener des Flussspathes und des Gypses; sie werden nicht vom Fingernagel, aber von einer Messerspitze gerizt. — Beim Betröpfeln mit Salzsäure brausen die Kalksteine auf, sie entwickeln kohlensaures Gas. Sie lösen sich in dieser Säure auf, und die mit Ammoniak neutralisirte oder übersättigte Lösung gibt, auch bei sehr grosser Verdünnung, mit kleesaurem Kali einen weisen Niederschlag von kleesaurem Kalk.

Die Kalksteine enthalten bisweilen kleine Beimengungen von kohlensaurer Talkerde oder Bittererde, bisweilen etwas beträchtlichere Mengen, sie werden dolomitisch. — In andern Fällen nahmen die Kalksteine nicht unbeträchtlichere Mengen von Thon (Lehm) auf, sie werden mergelig. Durch die (weiter unten anzugebenden) chemischen Reactionen auf Talkerde oder Thonerde erkennt man diese Beimischungen leicht.

Dolomite.

Dolomit (nach dem Namen des französischen Mineralogen Dolomieu) nennt man Kalksteine mit reichlichem Gehalt an kohlensaurer Talkerde, so dass die Menge derselben zu 30 bis 40 Prozenten steigt. — Einige Geologen betrachten nur solche Gesteine als wahre Dolomite, welche aus gleichen Atomen kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Talkerde bestehen. Diese sind dann wirkliche Doppelsalze.

Die Dolomite unterscheiden sich durch folgende Merkmale von den Kalksteinen: Sie sind schwerer als diese, vom spez. Gew. 2,8—3,0; sie haben häufig eine löcherige, poröse Beschaffenheit. Ihre Lösung in Salzsäure mit Ammoniak neutralisirt (nicht übersättigt) bildet eine Flüssigkeit, welche nach Ausfällen des Kalks durch überschüssiges kleesaures Kali und Filtriren mit Ammoniak einen Niederschlag hervorbringt, der unlöslich ist in Aetzkali, aber löslich in kohlensaurem Ammoniak.

Mergel.

Die Mergel sind Gemenge von kohlensaurem Kalk und Thon. — Sie nähern sich den Kalksteinen dadurch, dass sie mit

Salzsäure aufbrausen und nach Auflösung in dieser Säure eine Flüssigkeit bilden, welche die oben angegebene Kalk-Reaktion zeigt. Sie unterscheiden sich aber dadurch, dass die salzsaure Lösung mit Ammoniak neutralisirt (nicht übersättigt), nach Ausfällung des Kalks durch überschüssiges kleesaures Kali auf Thonerde reagirt, d. h. mit Ammoniak einen Niederschlag gibt, löslich in Aetzkali, unlöslich in kohlensaurem Ammoniak.

Der Gehalt der Mergel an kohlensaurem Kalk und Thon ist äusserst verschieden, so dass sich darüber nichts Feststehendes angeben lässt. Sehr kalkreiche Mergel heissen Kalk-Mergel und thonreiche Thon-Mergel. Bisweilen nehmen die Mergel noch kohlensaure Talkerde auf, sie werden dolomitisch.

Was die äusseren Merkmale der Mergel betrifft, so ist zunächst ihre Farbe sehr verschieden: weiss, gelb, braun, roth, grau, schwärzlich durch die schon bei den Kalksteinen angeführten Beimengungen, grün (durch kieselsaures Eisenoxydul) oder röthlichviolett (durch Mangan-Gehalt). Nicht selten findet man mehrfarbige, bunte Mergel. — Meistens haben die Mergel eine erdige, lehmige Beschaffenheit; sie unterscheiden sich dann vom Lehm (dem gemeinen Thon) durch Aufbrausen mit Salzsäure. Oft wurden sie beim Eintrocknen zu einer festen zusammenhängenden Masse verdichtet, welche eine mehr oder weniger dünnschiefrige Absonderung besitzt; sie führen dann den Namen Mergel-Schiefer. Bisweilen erhärteten sie zu kompakten steinartigen Massen, den sogen. Stein-Mergeln.

Thone.

(Gemeiner Thon. Lehm. Letten.)

Die Thone bestehen vorherrschend aus freier Kieselsäure, freier Thonerde und aus kieselsaurer Thonerde. — Die Menge der Kieselsäure ist sehr veränderlich, doch kann man beiläufig annehmen, dass sie im Mittel 50—60 Prozente beträgt und die Menge der Thonerde 20—30 Prozente. — Ausser diesen Haupt-Bestandtheilen enthalten die Thone fast immer noch verschiedene Neben-Bestandtheile, namentlich: Eisenoxyd-Hydrat, welches den Thon gelb und braun färbt, Eisenoxyd als roth färbenden, kieselsaures Eisenoxydul als grün färbenden Bestandtheil, Manganoxyd und ein über-mangansaures Salz, braun und violett färbend, Bitumen, öfters der grau färbende Stoff der Thone; ferner: kieselsaures Kali und

Natron, bisweilen Spuren von kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Talkerde, manchmal Kohle, endlich Wasser.

Die Thone sind gewöhnlich das Produkt der Verwitterung eines Feldspathes, meist des Kali-Feldspathes. In den häufigsten Fällen wurde die verwitterte Masse durch Wasser fortgeschwemmt und an sekundärer Lagerstätte wieder abgesetzt. Während dieser Fortführung durch eine Strömung kann sich der Thon mit verschiedenen Stoffen zufällig mengen; namentlich nimmt er auf diesem Wege häufig Quarzsand auf und wird dadurch zum sandigen Thon.

Die verschiedenen Farben des Thons oder Lehms sind allgemein bekannt und oben bei den Bestandtheilen des Minerals bereits angegeben. Reine Thone sind weiss (Weisserde, Pfeifenthon). Sehr häufig kommen buntfarbige Thone vor. — In der Regel besitzt der Thon, wie Jedermann weiss, eine erdige Beschaffenheit; oft aber hat er beim Eintrocknen eine mehr oder weniger kompakte Masse gebildet, und sich beim Zusammenziehen derselben in Schieferplatten abgelöst; er bildet dann die allbekannten Thonschiefer (Dachschiefer). Bisweilen erhärtete der Thon zu einer sehr fest zusammenhängenden, steinartigen Masse, dem Thonstein.

Die gewöhnlichen, erdigen, zerreiblichen Thone nehmen oft (nicht immer) einen glänzenden Strich an. Sie hängen an der Zunge. Beim Anhauchen entwickeln sie einen eigenen, dumpfigen Geruch (den Thongeruch). — Sie saugen das Fett begierig ein. — Sie fühlen sich bald fettig und weich, bald rauh und sandig an.

In chemischer Beziehung zeichnen sich die Thone vorzugsweise durch folgendes Verhalten aus: Sie brausen nicht mit Salzsäure. Beim Kochen mit Salzsäure löst diese Thonerde (als Chlor-Alumium) auf. Die salzsaure Flüssigkeit bildet mit Ueberschuss von Ammoniak versezt einen Niederschlag, der sich leicht in Aetzkali auflöst, nicht aber in kohlensaurem Ammoniak. (Rücksicht bei dieser Reaction auf die Nebenbestandtheile der Thone.)

Sandsteine.

Die Sandsteine bestehen aus kleinen, eckigen Quarzkörnern, welche entweder unmittelbar fest zusammen halten oder durch ein Bindemittel zusammen gekittet sind. Die Sandsteine, welche blos aus Quarzkörnern bestehen, ohne Bindemittel, heissen Quarz-Sandsteine. Sehr häufig ist das Bindemittel der Sandsteine Thon (Kieselerde und Thonerde); in einem andern, ebenfalls

häufigen Falle ein Gemeng von Thon und Kalk, Mergel; endlich sind die Sandsteine bisweilen durch ein Zwischenmittel blos aus kohlensaurem Kalk zusammen gehalten. Je nach der verschiedenen Beschaffenheit dieses bindenden Teiges unterscheidet man: Thon-Sandsteine, Mergel- und Kalk-Sandsteine. — Die Thon-Sandsteine verbreiten beim Anhauchen den dumpfigen Thon-Geruch; heisse Salzsäure löst aus ihnen Thonerde auf, deren Gegenwart dann durch die bekannten Prüfungsmittel nachgewiesen wird. Mergel-Sandsteine brausen mit Salzsäure; ihr Bindemittel löst sich grossentheils in dieser Säure, und die Lösung bringt die Kalk- nnd Thonerde-Reactionen hervor. Dasselbe Verhalten gegen Salzsäure zeigen die Kalk-Sandsteine, nur mit dem Unterschiede, dass ihre Lösung keine Thonerde-Reaction gibt. — Die so häufige rothe Farbe verdanken die Sandsteine einer Beimengung von Eisenoxyd, die braune und schmutzig gelbe dem Eisenoxyd-Hydrat, und die schmutzig grüne und graue dem Eisenoxydul oder kieselsauren Eisenoxydul; bisweilen sind graue Sandsteine durch Kohle oder Bitumen (Reste von zersetzten organischen Stoffen) gefärbt.

Die Quarzkörner, welche fest zusammengekittet die Sandsteine bilden, liegen häufig im neptunischen Gebirge nur lose neben- und übereinander. In diesem Falle setzen sie die allbekannten Ablagerungen von Quarz-Sand zusammen.

Strömungs-Conglomerate (abgerundete Trümmergesteine oder Breccien).

Mit diesem Namen belegt man abgerundete Bruchstücke, Gerölle, sehr verschiedenartiger Mineralien, welche durch einen Teig mehr oder weniger fest zusammengekittet sind. Die Grösse dieser Bruchstücke wechselt von jener einer Linse und Erbse bis zu faust- und kopfgrossen Geröllen, ja bis zum Durchmesser von ein paar Fuss. Der Teig der Conglomerate besteht häufig aus zerkleinerten zerriebenen Stückchen derselben Mineralien, welche als Gerölle in dem Conglomerat vorkommen. Bisweilen jedoch ist der Teig aus einer fremden Masse gebildet.

Statt zu Conglomeraten fest verbunden, kommen abgerundete Bruchstücke sehr verschiedener Felsarten äusserst häufig lose, frei daliegend vor. Sie bilden dann die oft sehr beträchtlichen Geröll-Ablagerungen.

b. Die neptunischen Gebilde unterscheiden sich ferner von den Feuer-Erzeugnissen nicht nur durch ihre mineralogische Beschaffenheit, sondern auch dadurch, dass sie meistens geschichtet sind. Diese Schichtung besteht darin, dass die Gesteine in regelmässigen Abtheilungen über einander liegen, ungefähr wie auf einander gelegte Bretter oder Bücher, oder wie ein künstliches Mauerwerk. Bei weitem in den meisten Fällen liegen die geschichteten Gesteine ebenflächig übereinander; die Gesteinslagen sind nicht gekrümmt oder gewölbt, sie zeigen keine schaalige Structur. Wenn eine solche Structur bei neptunischen Gesteinen vorkommt, so geschieht diess nur ausnahmsweise, während bei den meisten plutonischen Gesteinen diese schaalige Absonderung die Regel bildet. — Krümmungen, Biegungen, erlitten die Schichten neptunischer Gesteine dadurch, dass dieselben einem Druck unterworfen wurden, während das Gestein sich noch im weichen Zustande befand.

Die Zwischenräume (Klüfte) der Schichten fester Gesteine findet man gewöhnlich mit Lehm, Mergel oder Sand ausgefüllt.

Ganz in derselben Weise, geschichtet und mit Zwischenlagern von Lehm, Mergel oder Sand, setzen sich heutzutage noch Gesteine aus Wasser ab am Ufer des Meeres, beträchtlicher Seen und an der Ausmündung grosser Flüsse.

Die Schichten der neptunischen Gesteine liegen entweder mehr oder weniger vollkommen wagrecht, oder aber sie haben eine geneigte, oft sehr stark geneigte, ja bisweilen sogar eine senkrechte Lage, wenn die Gesteine spätere Hebungen und Zerrüttungen oder Senkungen erlitten haben. — Bei geognostischen Untersuchungen über geschichtete Gesteine bestimmt man öfters den Winkel näher, unter welchem sich die Schichten gegen eine horizontale Ebene neigen, und nach welcher Himmelsgegend die Einsenkung, die Neigung stattfindet.

c. Die neptunischen Gesteine enthalten Reste von versteinerten Thieren, welche nur im Wasser leben, meistens Meeresgeschöpfe, bisweilen Muscheln, Schnecken und Fische der süssen Wasser, zum klaren Belege, dass diese Gesteine entweder Meeres- oder Süsswasser-Gebilde sind.

Alle diese Merkmale der neptunischen Ablagerungen gewähren einfache und sichere Mittel zur Unterscheidung derselben von den Feuer-Gebilden, und sie liefern zugleich den klarsten Beweis, dass

ein Theil der Gebirge, woraus unsere Erdoberfläche besteht, ihren Ursprung der Wirkung des Wassers verdanke.

2. Art des Auftretens neptunischer Gebilde im Allgemeinen.

Die aus Wasser abgesetzten Gesteine bilden ganze Berge und Gebirgszüge. Die Höhe dieser Berge ist äusserst verschieden, vom niedrigsten Hügel bis zu den ungeheuern Kolossen der Alpen, wo die neptunischen Berge eine Höhe von 10000 bis 11000′ erreichen, und solche von 5000 bis 8000′ ganz gewöhnlich sind. — Schon aus dieser Höhe neptunischer Ablagerungen können wir einen Schluss ziehen auf die ausserordentliche Länge der Zeit, welche vorübergehen musste, bis das Wasser so mächtige Gesteinsmassen abzusetzen im Stande war.

Die Formen der neptunischen Berge sind sehr verschieden, je nachdem die Ablagerung noch ihre ursprüngliche Gestalt besitzt oder keine ganz grossartigen Zertrümmerungen erlitt, oder aber je nachdem sie später durch sehr heftige Hebungen und Erschütterungen ganz zerrüttet wurde.

Im ersten Falle zeigen die neptunischen Berge ganz andere Gestalten als die plutonischen und vulkanischen. Während diese nämlich sehr unregelmässige äussere Formen (in Folge ihrer Bildungsweise) wahrnehmen lassen, bald rundliche oder kammförmige Rücken, bald dom- und kegelförmige Gestalten, zeichnen sich die neptunischen Gebirge, welche keine sehr grossen Erschütterungen erlitten, durch sehr einförmige Gestalten aus. Sie bilden sanft ansteigende, abgerundete Hügel mit breiten Rücken, oder manchmal steiler ansteigende Berge mit lang gezogenen, flachen Rücken und auf ihrer Höhe oft mit ausgedehnten Bergebenen. — Diese bald sanft abgerundeten, bald dachförmigen Gestalten zeigen sich an neptunischen Bergen häufig auch dann noch, wenn sie bedeutende Hebungen erlitten haben, während plutonische und vulkanische Gebirge, welche später (nach ihrer ersten Bildung) viel weniger zerrüttet wurden, sich durch die Mannigfaltigkeit und Unregelmässigkeit ihrer Formen von solchen neptunischen Ablagerungen noch sehr auffallend unterscheiden. (Beispiele: Schweizer Jura und Schwarzwald.)

Im zweiten Falle, wenn neptunische Berge durch spätere Hebungen und Erschütterungen gänzlich zerrüttet und verändert

wurden, haben sie gewöhnlich steile Bergabhänge (Gehänge); ihre Höhen sind mehr oder weniger zerrissen, dadurch ganz unregelmässig gestaltet, und oft mit zackigen, malerischen Felsen gekrönt. Die ausgezeichnetsten Beispiele solcher Umgestaltungen neptunischer Gebilde sieht man äusserst häufig in den Alpen, wo die Thäler des neptunischen Gebirges sehr oft tief eingerissen sind, schöne wilde Felsparthien zeigen, und auf den Höhen spitze, pyramidenförmige Zacken, Felshörner, und zerrissenen Mauern ähnliche Felsmassen emporragen; während im niedern Hügelland, wo keine solche Zertrümmerungen der Gesteine durch heftige Hebungen und Erschütterungen stattfanden, die Thäler häufig flach, breit und unmalerisch, die Abhänge der Berge zugerundet, ihre Rücken mehr oder weniger eben sind und ohne hervorragende zerrissene Felsmassen.

Das Aussehen der neptunischen Berge ändert sich auch nach der Beschaffenheit ihrer Gesteine. So bilden Ablagerungen von Thon und Mergel gewöhnlich ein mit Wiesen und Ackerfeld bedecktes Gebirge, während Kalk- und Sandstein-Ablagerungen schon wegen der Natur ihrer Gesteine öfters nackte Felsen darbieten.

Die neptunischen Gebilde findet man immer regelmässig übereinander gelagert, genau nach der Zeitfolge ihrer Entstehung, so zwar, dass jene des zweiten Zeitraums zu unterst liegen, darüber jene des dritten, auf diesen jene des vierten u. s. f. Dasselbe gilt von den verschiedenen Ablagerungen eines jeden Zeitraums-Abschnittes; auch hier liegen die ältern Gebilde immer unter den jüngern. — Diese regelmässige Reihenfolge erklärt sich von selbst aus dem allmähligen Absatz dieser Gebilde aus den urweltlichen Gewässern. — Wenn die Regelmässigkeit in der Aufeinanderfolge der neptunischen Ablagerungen da oder dort eine Ausnahme zu erleiden scheint, so ist diese wirklich nur scheinbar und eine Folge davon, dass die Gesteine durch äusserst heftige Hebungen so stark emporgedrückt wurden, dass sie sich überstürzten oder sich umkippten.

3. Bildungsweise der neptunischen Ablagerungen im Allgemeinen.

Die neptunischen Gebilde erzeugten sich entweder als mechanische Absätze aus Wasser oder sie waren die Folge der Erzeugung chemischer Niederschläge.

a. Mechanische Absätze aus Wasser waren bei weitem am häufigsten die Veranlassung zur Bildung der Gesteine, woraus jetzt das neptunische Gebirge besteht.

Die Geröll-Ablagerungen und ihre Conglomerate entstunden augenscheinlich in vorgeschichtlicher Zeit durch heftige Strömungen, ganz wie heutzutage rasch fliessende Bäche und Flüsse und Ueberschwemmungen in Gebirgs-Gegenden solche Geröll-Massen herbeiführen. Dass die urweltlichen Ablagerungen von Sand, Lehm und Mergel ebenfalls in Folge von mechanischen Anschwemmungen gebildet wurden, bedarf keines weiteren Beweises. Durch das Erhärten beim Eintrocknen zogen sich die Thone und Mergel zusammen, und gaben dadurch Anlass zur Bildung von Schiefern.

Die Sandsteine erzeugten sich ohne Zweifel durch Erhärten von Sand-Absätzen. Heutzutage nämlich bilden sich in dieser Weise noch immer neue Sandsteine am Meeresufer und an der Ausmündung grosser Ströme.

Die Kalksteine entstunden sehr wahrscheinlich grösstentheils aus mechanisch herbeigeschwemmtem Kalk-Schlamm, welcher sich aus dem ruhig gewordenen Wasser absetzte und beim Trocknen an der Luft erhärtete. Der Kalk-Schlamm war natürlich häufig mit Thon gemengt, daher die Häufigkeit der mergeligen Kalksteine. Auch jetzt noch erzeugen sich Ablagerungen von Kalksteinen im Meere nach dieser Bildungsweise. — War der kohlensaure Kalk im Meerwasser ursprünglich gelöst, so schied er sich ab theils beim Verdunsten desselben theils bei heftigen Bewegungen des Meeres. (Von den Theorien über Dolomit- und Gyps-Bildung wird später näher die Rede sein.)

b. Chemische Niederschläge aus Wasser erfolgten in der Natur bisweilen so sehr im Grossen, dass auch dadurch hier und da nicht unbeträchtliche neptunische Ablagerungen gebildet wurden. Auf diesem Wege entstunden gewiss viele Absätze von Kalksteinen, indem der kohlensaure Kalk als saures kohlensaures Salz im Meerwasser, in Quellen, Bächen, Flüssen und Seen gelöst war, und sich dann bei der Verflüchtigung der überschüssigen Kohlensäure als einfach kohlensaurer Kalk niederschlug. In dieser Weise sieht man heutzutage noch Kalktuff, Kalksinter und körnigen Kalk sich aus Quellen und Bächen, bisweilen in beträchtlichen Massen, absetzen. — Gyps- und Steinsalz-Lager des neptunischen Gebirges erzeugten sich höchst wahrscheinlich in den meisten Fällen

ganz einfach dadurch, dass diese Stoffe in Wasser gelöst waren und bei dem Verdunsten sich aus demselben absetzten. Diess konnte zumal dann in grösserem Massstabe geschehen, wenn durch besondere örtliche Umstände solche Lösungen sich in geschlossenen Becken befanden. Da in diesen der Abfluss des Wassers gehindert war, so verdunstete dasselbe allmählig und liess endlich den Gyps oder das Steinsalz als festen Rückstand. (Von andern Theorien der Gyps- und Steinsalz-Bildung wird später das Nöthige angeführt werden.)

4. Bestimmung der Altersverhältnisse neptunischer Gebilde.

Die mineralogischen Merkmale der neptunischen Ablagerungen, die Beschaffenheit ihrer Gesteine können nicht oder nur mit grossen Einschränkungen als Mittel zur geologischen Bestimmung dieser Gesteine dienen, d. h. zur Beantwortung der Frage: welchem geologischen Zeitraum oder Zeitraums-Abschnitt die neptunische Ablagerung angehöre. Der Grund hievon liegt nicht nur in der einförmigen oder ähnlichen Zusammensetzung der neptunischen Gebilde überhaupt, sondern vorzüglich darin, dass die Gesteine einer und derselben Ablagerung in verschiedenen Gegenden mit verschiedenen äussern Merkmalen auftreten. Schon der Umstand, dass in den neptunischen Ablagerungen fast aller geologischen Perioden immer wieder Sandsteine, Kalksteine, Mergel-Lager u. s. w. erscheinen, zeigt, dass die blosse Gegenwart dieser Gesteine noch nicht darthun kann, in welcher geologischen Periode sie gebildet wurden. Wenn auch dieselben in der nämlichen Gegend meistens eine verschiedene äussere Beschaffenheit besitzen, je nachdem sie einer frühern oder spätern Ablagerung angehören, so kann diese verschiedene Beschaffenheit doch nicht dazu benützt werden, um das Gestein der nämlichen Ablagerung in einer entfernteren Gegend wieder zu erkennen. Einige Beispiele mögen diess deutlicher machen. Der obere Jura besteht in der Schweiz und in Süddeutschland aus hellfarbigen gelblich-weissen Kalksteinen. Die nämliche Ablagerung wird in Norddeutschland aus dunkel-grauen Kalksteinen und aus Mergeln zusammengesetzt. Jedermann kennt die Beschaffenheit der gemeinen weissen schreibenden Kreide; in den Alpen besteht die Ablagerung, welche geologisch der weissen Kreide entspricht, aus schwarzgrauen harten Kalksteinen, aus san-

digen Schiefern u. s. w. Das untere Tertiär-Gebirge wird in den Umgebungen von Paris grösstentheils aus hellfarbigen Kalksteinen zusammengesetzt; in den Umgebungen von London besteht das nämliche Tertiär-Gebilde vorzugsweise aus Lagern von Thon und Mergel. — Verschiedenartige Umstände, welche bei dem ruhigen Absatz oder der Anschwemmung neptunischer Ablagerungen einwirkten, und die grosse Verschiedenheit der Materialien, deren Zerstörung den Stoff zu diesen Absätzen lieferte, erklären jenen Mangel der mineralogischen Uebereinstimmung geologisch gleichzeitiger Gebilde ganz befriedigend.

Da unter diesen Verhältnissen die mineralogischen Merkmale neptunischer Ablagerungen nur geringen, höchstens örtlichen Werth haben, so würde es unpassend seyn, dieselben im speziellen Theile ausführlich zu beschreiben. Wenn diese Beschreibung genau sein sollte, so müsste sie die verschiedenen Merkmale jener Gesteine in den verschiedenen Ländern angeben, und diess würde für die Zwecke dieser Schrift zu weit führen. Desshalb soll später nur ein allgemeiner Ueberblick über die mineralogische Beschaffenheit der neptunischen Ablagerungen in den einzelnen Zeiträumen gegeben werden, und wenn eine etwas speziellere Beschreibung nöthig scheint, diese sich auf das Aussehen der Felsarten in Deutschland und in der benachbarten Schweiz beschränken.

Das bei weitem wichtigste, ja in den meisten Fällen einzig sichere Merkmal zur Erkennung der geologischen Stellung neptunischer Gebilde, und daher zur Bestimmung der einzelnen Ablagerungen des neptunischen Gebirges ist die Untersuchung der Versteinerungen. In gewissen Zeiträumen der Erdbildung nämlich lebten gewisse Pflanzen und Thiere und gingen dann wieder theils vollständig, theils bei weitem zum grössten Theil durch zerstörende Katastrophen zu Grunde. Nachdem wieder eine Periode der Ruhe eingetreten war, hatten sich auch die Lebens-Verhältnisse für die organischen Wesen geändert, es entwickelten sich daher neue Pflanzen und Thiere, und diese wurden abermals getödtet und in den Erdschichten begraben. Diese neue Entwicklung und Wiederzerstörung alles Lebens auf unserem Planeten wiederholte sich mehrfach. - Die Pflanzen und Thiere der verschiedenen Zeiträume findet man nun in den verschiedenen Ablagerungen des neptunischen Gebirges versteinert im Innern der Erde, so zwar, dass wie aus der eben erwähnten Entwicklung und Wiedervernichtung der lebenden Geschöpfe hervor-

geht, jede Ablagerung ihre eigenen Versteinerungen enthält. Die Gesteine des zweiten geologischen Zeitraumes schliessen z. B. ganz andere versteinerte Pflanzen und Thiere ein als jene des dritten Zeitraums, diese wieder andere als jene des vierten u. s. w.

Hieraus ergibt sich ohne weitere Erörterung die Wichtigkeit des Studiums der Versteinerungen für die Kenntniss des neptunischen Gebirges und es wird hieraus von selbst klar, wie man diese organischen Reste benützen kann, um die Alters-Verhältnisse der neptunischen Ablagerungen, ihre natürliche Reihenfolge zu ermitteln. Die Kenntniss der Versteinerungen ist eine wesentliche Abtheilung der Geologie des neptunischen Gebirges geworden. Diesem Zweig der Geologie hat man die Benennung Versteinerungs-Kunde oder Paläontologie (παλαιος alt, ων Wesen) ertheilt.

5. Allgemeines über Paläontologie.

Die Paläontologie hat die Aufgabe, uns Kenntnisse zu verschaffen über die Pflanzen und Thiere, welche in vorgeschichtlichen Zeiten auf unserer Erde lebten und deren Reste man jetzt in den neptunischen Ablagerungen begraben findet. Sie beschreibt also die Flora und Fauna der Urwelt.

Die Kenntniss der urweltlichen Pflanzen und Thiere gewährt nicht nur den oben bereits erwähnten praktischen Nutzen für Geologie, das Studium der Paläontologie bietet auch bedeutendes wissenschaftliches Interesse dar.

Durch die Kenntnisse über das Leben auf der Erde in den verschiedenen vorgeschichtlichen Zeiträumen lernen wir Floren und Faunen kennen, die jetzt gänzlich verschwunden sind, und welche also ganz andere Thiere und Pflanzen enthalten als jene der Jetztwelt. Es lebten in der Urzeit nicht nur ganz eigene Arten und Gattungen von Pflanzen und Thieren, sondern häufig ganz eigene Familien. Nicht selten treten unter diesen urweltlichen Geschöpfen Formen auf, welche von den jetzt lebenden ausserordentlich verschieden sind, zum Theil abentheuerliche Gestalten, die uns fabelhaft erscheinen würden, wenn wir sie nicht vor uns sähen. — Die Geologie gibt uns Kenntnisse über die grossen Veränderungen, die Umwälzungen, welche die Erde selbst in ihren Gesteins- und Gebirgs-Massen erlitten hat; das Studium der fossilen Pflanzen und Thiere belehrt uns darüber, wie das Leben in der Urzeit auf unserem Planeten beschaffen war, und welche grosse Veränderungen mit den Floren

und Faunen bis zur Jetztzeit vorgegangen sind. Dieses Studium vervollständigt daher unsere Kenntnisse über die Urgeschichte der Erde auf das Wesentlichste.

a. Art des Vorkommens urweltlicher Pflanzen und Thiere.

Der Zustand, in welchem sich die organischen Reste der Urwelt gewöhnlich in den neptunischen Ablagerungen eingeschlossen finden, wird Versteinerung genannt, und jene Reste heissen daher Versteinerungen (Petrefakten).

Die Versteinerung erfolgt dadurch, dass eine Pflanze oder ein Thier in Verwesung (Fäulniss) übergeht, während der organische Körper sich in inniger Berührung oder ganz umgeben von unorganischen Stoffen findet. Diese unorganischen Stoffe dringen nun in die Masse der Pflanze oder des Thieres, theils auf mechanischem, theils und am häufigsten auf chemischem Wege ein, und erfüllen die Stelle, welche die gefaulten organischen Substanzen einnahmen. Wenn die Umstände günstig sind, nimmt der eingedrungene unorganische Körper die Form des gefaulten organischen an.

Je nach Umständen erfolgt bald während des Versteinerungs-Prozesses eine vollständige, bald nur eine theilweise Zerstörung der organischen Materie durch die Fäulniss. — Nicht selten findet man Versteinerungen, in welchen die chemische Untersuchung keine Spur von organischen Substanzen mehr nachzuweisen vermag. Eine vollständige Zerstörung der organischen Stoffe tritt besonders leicht dann ein, wenn der faulende Körper sich längere Zeit in Berührung mit atmosphärischer Luft und Feuchtigkeit befindet. Wenn also eine urweltliche Pflanze oder ein Thier während der Versteinerung diesen Einflüssen ausgesetzt blieben, so musste nach und nach die organische Materie gänzlich verschwinden. — Liegt in einem andern Falle der organische Körper trocken oder kommt er nur wenig in Berührung mit Feuchtigkeit, und ist der Luftzutritt nur mangelhaft, dann geht die Fäulniss auch nur unvollständig vor sich. Daher rührt es ohne Zweifel, dass man nicht selten in versteinerten Pflanzen und Thieren der Urwelt noch Reste, ja bisweilen sogar nicht unbeträchtliche Mengen von organischer Materie findet. Die Gegenwart von organischen Stoffen in den Versteinerungen ergibt sich manchmal schon dadurch, dass dieselben, namentlich Schaalen von Muscheln,

Schnecken und Cephalopodeu, noch stellenweise Perlmutterglanz und Reste früherer Farben zeigen. Durch die chemische Analyse wird ebenfalls die Gegenwart von organischen Stoffen in urweltlichen Pflanzen und Thieren nachgewiesen; namentlich hat man ziemlich häufig in Knochen urweltlicher Säugethiere noch organische Materie aufgefunden, doch in den meisten Fällen nur unter einem halben Prozent.

Da die Fäulniss von organischen Körpern, welche blos aus einer weichen Masse bestehen, in der Regel mehr oder weniger rasch zu erfolgen pflegt, so findet man die weichen Theile urweltlicher Thiere, oder ganze Thiere, die nur aus einer weichen schleimigen Masse bestehen, z. B. nackte Mollusken und Würmer, sehr seltene Ausnahmsfälle abgerechnet, nicht versteinert. Die Verwesung ging vollständig vor sich, ehe die unorganischen Stoffe nach und nach in das organische Gewebe einzudringen Zeit fanden.

Als Versteinerungs-Masse findet man bei weitem am häufigsten kohlensauren Kalk. Er war wie gegenwärtig noch als saures Salz im Wasser gelöst, gab seine überschüssige Kohlensäure ab, wurde dadurch unlöslich und schlug sich theils im derben (amorphen), theils im krystallinischen Zustande nieder. Wenn das Letztere geschah, was nur ausnahmsweise der Fall war, so besteht die versteinerte organische Substanz manchmal aus einer unendlichen Menge von Kalkspath-Rhomboëdern. — Man beobachtet diess namentlich bei versteinerten Strahlthieren und bei Ammoniten. In Höhlungen versteinerter Thiere scheidet sich der kohlensaure Kalk häufig in deutlich ausgebildeten Kalkspath-Krystallen ab. — Seltener setzt sich der kohlensaure Kalk, wenn er Versteinerung bewirkt, in der Form von körnigem Kalk ab.

Ein anderes, ziemlich häufiges Versteinerungs-Mittel ist die Kieselsäure, welche sich gewöhnlich als Hydrat in freier Kohlensäure des Wassers, seltener in einem Alkali, bisweilen in ihrer auflöslichen Modifikation gelöst findet. Von Kieselsäure durchdrungen, verkieselt, kommen besonders häufig holzige Theile von Pflanzen vor, und sie sind dann meistens in Holzstein, bisweilen in Holzopal umgewandelt. Auch Thiere zeigen sich nicht selten verkieselt, dann gewöhnlich durch gemeinen Quarz; sehr häufig trifft man namentlich in diesem Zustande Seeigel in der Kreide-Formation, und nicht selten Polypen im obern Jura. — Manchmal geschieht die Verkieselung in der Weise, dass sich die Kieselsäure in Gestalt von

Kiesel-Ringchen auf den organischen Körper absetzt. — Bisweilen setzt sich die Kieselsäure in gut ausgebildeten Quarz-Krystallen auf den organischen Resten oder in Höhlungen derselben an.

Nicht selten wirken metallische Stoffe als Versteinerungsmittel; man sagt dann das Petrefact sei vererzt oder verkiest. Unter diesen metallischen Substanzen hat Eisenoxyd-Hydrat (Brauneisenstein), oder Eisenoxyd (Rotheisenstein), oder Doppelt-Schwefeleisen (Schwefelkies oder Wasserkies) am häufigsten die Versteinerung bewirkt. Das Eisenoxyd-Hydrat war ohne Zweifel in den meisten Fällen als saures kohlensaures Eisenoxydul im Wasser gelöst und es setzte sich durch die Oxydation des Eisenoxyduls an der Luft ab. Vielleicht drang auch manchmal Eisenoxyd, so namentlich das wasserfreie, als sehr feiner Schlamm in die organischen Theile ein. — Schwefelkies (oder Wasserkies) bildete sich am wahrscheinlichsten dadurch, dass schwefelsaurer Kalk (Gyps) oder das schwefelsaure Natron des Meerwassers durch die zersetzende Wirkung der organischen Stoffe in Schwefelcalcium oder Schwefelnatrium umgewandelt wurden, welche dann auf kohlensaures Eisenoxydul wirkten, und Schwefeleisen erzeugten. — Kupferkies kommt oft als Vererzungsmittel der versteinerten Fische des Kupferschiefers vor. — Nur ausnahmsweise und zum Theil sehr selten werden organische Reste durch Kupferglanz, gediegen Kupfer, Bleiglanz, Zinkblende oder Zinnober vererzt

Seltene Versteinerungsmittel sind: Gyps, Schwerspath und Flussspath.

Von der eigentlichen Versteinerung ist die blosse Ueberrindung (Inkrustation) zu unterscheiden. Dieser Zustand organischer Körper bedarf keiner weitern Beschreibung, wenn nur bemerkt wird, dass er durch eine äussere Ueberziehung einer Pflanze oder eines Thieres meistens mit kohlensaurem Kalk, bisweilen mit Eisenoxyd-Hydrat, selten mit Kieselsäure, welche sich aus Wasser, besonders aus Quellen absetzen, bewirkt wird.

Eine eigene Modifikation der Versteinerungen sind die Steinkerne. Ein Beispiel von der Bildung eines Steinkerns wird am besten erklären, was man unter dieser Bezeichnung versteht. Wenn eine Muschel versteinert wird, so fault zuerst das Thier im innern Raum derselben. Nun dringt durch die Oeffnung der Schale in den leer gewordenen innern Raum Versteinerungsmasse ein, welche das Innere der Muschel ganz ausfüllt, nach und nach erhärtet, und so die

innere Form der Muschel selbst annimmt. Geht nun auch die Muschelschale in Verwesung über, ohne dass sie zugleich Versteinerungsmasse aufnimmt, wird sie also ganz zerstört, so bleibt endlich noch die erhärtete innere Masse in der Gestalt des Innern der Muschel zurück. Ein solcher Abdruck oder Abguss wird nun ein Steinkern genannt.

Manchmal geschieht es, dass harte Theile von Pflanzen oder Thieren in noch weiche Gesteine (Sandsteine, Mergel, Thone) Eindrücke gemacht haben, welche dann die Form des organischen Theils besitzen. Auf diese Weise entstehen Abdrücke von urweltlichen Pflanzen oder Thieren, welche nach dem Erhärten des Gesteins häufig noch ganz deutlich zu erkennen sind. Man hat sogar Abdrücke der Tatzen, Fährten urweltlicher Reptilien und Vögel, in später festgewordenen Sandsteinen gefunden.

In Steinkohlen-Lagern haben sich Pflanzenreste öfters dadurch erhalten, dass sie eine unvollständige Verkohlung erlitten, wodurch die organische Materie zerstört und die Fäulniss verhindert wurde, während die Gestalt des Pflanzentheils mehr oder weniger vollkommen erhalten blieb.

Häufig gingen, zumal in jüngern neptunischen Gebilden, Thiere aus der Klasse der Mollusken in Fäulniss über und ihre Schalen nahmen keine Versteinerungsmasse auf. Diese Schalen wurden aber demungeachtet nicht zerstört, sie verloren bloss ihre Farbe, behielten aber ihre Form vollständig bei, so dass sie (die Farbe abgerechnet) wie lebende Conchylien aussehen. Organische Reste, welche sich in diesem Zustande vortrefflicher Erhaltung finden, hat man, unpassend genug, calcinirte Petrefacten genannt, weil ihre äussere Beschaffenheit einige Aehnlichkeit mit gebrannten, geglühten Conchylien-Schalen besitzt.

Eine besondere Art des Vorkommens urweltlicher Pflanzen und Thiere bilden die Einschlüsse derselben in Bernstein. Als dieses Harz urweltlicher Coniferen im weichen Zustand aus den Bäumen ausfloss, hüllte es zufällig kleine Pflanzentheile und kleine Thiere, namentlich Insekten ein, und als das Harz erstarrt war, blieben dieselben, auch die zartesten Thierchen, vollkommen wohl erhalten bis auf den heutigen Tag, da eine Verwesung im Innern der Harzmasse nicht möglich war.

Endlich verdient noch als eine besonders merkwürdige, wiewohl sehr seltene Art des Vorkommens urweltlicher Geschöpfe

erwähnt zu werden, dass man im nördlichen Siberien im Eis eingeschlossen zwei Exemplare vom Mammuth (dem Elephanten der Vorzeit) und ein Exemplar eines urweltlichen Rhinoceros vollkommen wohl erhalten mit Haut und Fleisch gefunden hat. Diese Thiere konnten Jahrtausende lang der Fäulniss wiederstehen, weil zwei Hauptbedingungen derselben fehlten, eine gewisse Temperatur über dem Gefrierpunkt, und die Gegenwart von flüssigem Wasser.

Ueber die Häufigkeit der Versteinerungen lässt sich nichts allgemein Giltiges feststellen. Es gibt Gegenden, wo neptunische Gesteine auf meilenweite Erstreckung ganz oder fast ganz petrefactenfrei sind, während man in andern Gegenden nicht wenige Versteinerungen findet und wieder in andern und in gewissen Gesteinen alles von Petrefacten wimmelt. Es hängt diess theils, und vorzugsweise, von der geologischen Stellung der Ablagerungen, theils von Local-Verhältnissen ab. — Bisweilen kommen Versteinerungen in solcher Menge vor, dass ihre Masse jene des Gesteins übertrifft, in welchem sie eingeschlossen wurden. In solchen Fällen sind die organischen Reste, besonders Konchylien oder auch Knochen höherer Thiere, nicht selten mit dem Gestein zu Conglomeraten (Muschel-Conglomeraten, Knochen-Breccien) zusammen gekittet. — Wenn es die Lebensweise der Thiere oder die Vegetations-Verhältnisse der Pflanzen mit sich brachten, trifft man gewisse Familien von Thieren und Pflanzen gewöhnlich in grosser Menge bei einander liegend in neptunischen Gesteinen an. So bilden Ostraceen (Austern, Gryphiten, Exogyren) und Korallen auch im versteinerten Zustande häufig ganze Austern-Bänke und Korallen-Riffe und urweltliche Sumpfgewächse kommen, ähnlich den jetzt lebenden Sumpf-Pflanzen, in grosser Menge bei einander vor.

In den häufigsten Fällen scheint die Tödtung der Thiere, welche später versteinert wurden, schnell erfolgt zu sein. Sie wurden während der grossen Katastrophen, welche mehrfach die Gestalt der Erdoberfläche veränderten, in Kalk-, Mergel-, Thon- oder Sand-Schlamm begraben, vielleicht auch in einzelnen Fällen durch den Ausbruch von kohlensaurem Gas aus dem Erdinnern, oder durch Erhöhung der Temperatur bei plutonischen und vulkanischen Prozessen, Landthiere auch blos durch Ueberschwemmungen getödtet. — In andern Fällen erlitten die Thiere einen natürlichen Tod oder sie starben indem sich die Lebensverhältnisse auf der Erde änderten. — Bisweilen lagen sie längere Zeit ruhig auf dem Meeresboden ehe

die Versteinerung erfolgte. Man kann diess mit Bestimmtheit daraus schliessen, dass man nicht selten im Innern der Schaale von Mollusken, dann auf Seeigeln, die ihre Stacheln verloren haben, auf innern Knochen von Cephalopoden (Belemniten), ja selbst auf Knochen von Wirbelthieren Austern und Serpulen festsitzend findet.

Je nach ihrer verschiedenen mineralogischen Beschaffenheit schliessen die Gesteine oft sehr verschiedenartige Versteinerungen ein. So pflegt man Pflanzen-Versteinerungen am häufigsten in Mergel- und Thon-Schiefern und in Sandsteinen anzutreffen, während Petrefakten aus dem Thierreich am häufigsten in Kalksteinen und in Lagern von erdigem Mergel vorkommen. Damit soll jedoch nicht gesagt seyn, dass man nicht auch Pflanzenreste in Kalksteinen und Thierreste in Schiefern und Sandsteinen finde; das Letztere geschieht sogar ziemlich häufig.

Ein eigenthümliches Vorkommen zeigen manchmal die Reste von Säugethieren. Nicht selten nämlich findet man Knochen urweltlicher Säugethiere auf dem Boden von Höhlen in sehr verschiedenartigen, bald älteren, bald jüngeren neptunischen Gesteinen. In diesen Knochenhöhlen liegen die Säugethierknochen bald frei da, bald sind sie von Mergel, Thon oder Sand bedeckt, häufig in Kalksinter eingeschlossen. Die Höhlen waren von Raubthieren bewohnt, welche ihre Beute dorthin schleppten. Man findet daher in den Knochenhöhlen nicht nur Reste jener Raubthiere, sondern auch Knochen anderer Säugethiere aus verschiedenen Klassen. Die Knochen dieser letzteren Thiere sind bisweilen angenagt, zum Belege dafür, dass diese von den Raubthieren der Höhle verzehrt wurden.

Fast immer haben die Pflanzen und Thiere, welche versteinert im neptunischen Gebirge vorkommen, an der Stelle gelebt, wo ihre Reste begraben liegen; nur in Ausnahmsfällen wurden sie aus grösserer oder geringerer Entfernung herbeigeschwemmt. Man muss diess daraus schliessen, dass die zartesten Theile von Pflanzen und Thieren, welche, wenn sie durch eine Strömung fortgeführt worden wären, hätten zerbrochen oder zerstört werden müssen, häufig ganz vortrefflich erhalten sind. Dass urweltliche Pflanzen ehemals da wuchsen, wo sie jetzt versteinert vorkommen, ergibt sich ferner daraus, dass man ihre Stämme öfters in der natürlichen Stellung mit der Wurzel in der Erde angetroffen hat.

b. Eintheilung (Systematik) der urweltlichen Pflanzen und Thiere.

Wenn auch die Reste urweltlicher Pflanzen und Thiere öfters in einem Zustand sehr mangelhafter Erhaltung in neptunischen Ablagerungen gefunden werden, so kommen sie doch auch sehr häufig so gut erhalten vor, dass es gelingt, zuverlässige Bestimmungen nicht nur der Familie und Gattung zu machen, sondern sogar der Art, welcher sie angehören. Es ist dadurch möglich geworden ein wissenschaftliches System der urweltlichen Pflanzen und Thiere aufzustellen. Dieses System stimmt im Wesentlichen mit jenem der gegenwärtig lebenden Geschöpfe überein. Wenn auch fast alle Arten der urweltlichen Flora und Fauna, ja sehr viele Gattungen ausgestorben und manche Familien, ja einige ganze Ordnungen der jetzigen Schöpfung fremd sind, so lassen sich diese Ordnungen, Familien und Gattungen doch ganz gut in die natürlichen Systeme der Botanik und Zoologie einreihen.

Um die Aufzählung der fossilen Pflanzen und Thiere im speziellen Theil mit der nöthigen wissenschaftlichen Ordnung durchzuführen, werde ich diese Pflanzen und Thiere nach einem natürlichen Systeme aufzählen, welches im Wesentlichen mit den jetzt herrschenden botanischen und zoologischen Systemen übereinstimmt. — Es scheint mir zweckmässig, zum bessern Verständniss des speziellen Theiles der Paläontologie, hier eine Uebersicht der Eintheilung zu geben, welche ich später befolgen werde.

Natürliches System der urweltlichen Pflanzen.

Erste Hauptabtheilung. Blüthenlose Pflanzen (Cryptogamen. Cryptogamae. Acotyledoneae).

1. Klasse. Blattlose Cryptogamen (Aphyllae).

1. Ordnung. Pilze oder Schwämme (Fungi).
Fossile Pilze sind sehr selten.

2. Ordnung. Algen (Algae).
Besonders häufig sind die Diatomeen.
Flechten wurden bis jetzt nicht fossil gefunden.

2. Klasse. Blattbildende Cryptogamen (Foliosae).

1. Ordnung. Moose (Musci).
Urweltliche Moose fand man bis jetzt nur sehr wenige. Sie gehören noch zu den Zellpflanzen.

2. Ordnung. Farnartige (Filicinae).
Sie sind Gefäss-Cryptogamen.

Zweite Hauptabtheilung. Blüthen-Pflanzen (Phanerogamen. Phanerogamae. Cotyledoneae).

3. Klasse. Nacktsaamige Phanerogamen (Ph. gymnospermae).

Wichtigste Ordnungen: Cycadeen; — Coniferen (Zapfenbäume).

4. Klasse. Bedecktsaamige Phanerogamen (Ph. angiospermae).

1. Unterabtheilung. Monocotyledonen.

Wichtigste Ordnungen: Gramineen; — Sumpflilien (Halobiae); hierher gehört die Familie der Najaden; — Palmen.

2. Unterabtheilung. Dicotyledonen.

Wichtigste Ordnungen: Salicineen; — Amentaceen; — Malpighinen; hierher gehört die Familie der Acerineen; — Leguminosen.

Natürliches System der urweltlichen Thiere.

Erste Hauptabtheilung. Schleimthiere (Gastrozoa).

1. Klasse. Urthiere (Protozoa).

1. Ordnung. Infusorien.
2. Ordnung. Foraminiferen (Polythalamien. Rhizopoden.)

2. Klasse. Polypen (Korallen. Zoophyten).

1. Ordnung. Schwammkorallen (Amorphozoa).

Ihre Stelle im Thierreich ist noch nicht genau bestimmt. Sie werden von einzelnen Naturforschern selbst für Pflanzen oder Mittelformen zwischen Pflanze und Thier gehalten.

2. Ordnung. Blumenkorallen. Sternkorallen (Anthozoa).
3. Ordnung. Mooskorallen (Bryozoa).

Die Mooskorallen werden in neuester Zeit zu den Mollusken gerechnet. Quallen, Acalepha, kommen nicht fossil vor.

3. Klasse. Strahlthiere (Radiata).

1. Ordnung. Haarsterne (Crinoidea).
2. Ordnung. Seesterne (Asteroidea).
3. Ordnung. Seeigel (Echinoidea).

Diese Ordnungen werden manchmal zusammengefasst unter der Benennung Stachelhäuter (Echinodermata). — Holothurien sind im fossilen Zustand nicht bekannt.

4. Classe. Weichthiere (Mollusca).

1. Ordnung. Muscheln (Acephala).
2. Ordnung. Flossenfüsser (Pteropoda).
3. Ordnung Kielfüsser (Heteropoda).
4. Ordnung. Schnecken (Gasteropoda).
5. Ordnung. Kopffüsser (Cephalopoda).

5. Klasse. Ringelwürmer (Anneliden. Annulata).

Hier ist für die fossilen Thiere keine Abtheilung in Ordnungen nöthig. — Die mit Gehäusen versehenen Ringelwürmer der Gattung Serpula sind die fast ausschliesslich versteinert vorkommenden.

Zweite Hauptabtheilung. Gliederthiere (Arthrozoa. Animalia articulata.)

6. Klasse. Krabben (Krustenthiere. Crustacea. Polymeria).
  1. Ordnung. Schaalenkrebse (Entomostraca. Branchiopoda).
  2. Ordnung. Ringelkrebse (Arthrostraca).
  3. Ordnung. Aechte Krebse (Malacostraca).

7. Klasse. Spinnenthiere (Arachnida. Octopoda).

Wegen der Seltenheit fossiler Spinnenthiere wird eine Abtheilung derselben in Ordnungen für paläontologische Zwecke überflüssig.

8. Klasse. Kerbthiere (Insecta).
  1. Ordnung Geschnäbelte (Rhynchota).
  2. Ordnung. Netzflügler (Neuroptera).
     In diese Ordnung sind auch die Orthopteren aufgenommen.
  3. Ordnung. Zweiflügler (Diptera).
  4. Ordnung. Hautflügler (Hymenoptera).
  5. Ordnung. Schmetterlinge (Lepidoptera).
  6. Ordnung. Käfer (Coleoptera).

Dritte Hauptabtheilung. Wirbelthiere (Spondylozoa. Animalia vertebrata).

9. Klasse. Fische.
  1. Ordnung. Knorpelfische (Placoides).
  2. Ordnung. Eckschupper (Ganoides).
  3. Ordnung. Rundschupper (Cycloides).
  4. Ordnung. Kammschupper (Ctenoides).

10. Klasse. Amphibien (Reptilia).
  1. Ordnung. Froschartige (Batrachia).
  2. Ordnung. Schlangen (Ophidia).
  3. Ordnung Eidechsenartige (Sauria).
  4. Ordnung. Schildkröten (Chelonia).

11. Klasse. Vögel.

Diese Klasse fossiler Thiere hat bis jetzt keine solche geologische Wichtigkeit, dass nicht ihre Eintheilung in Ordnungen hier füglich übergangen werden konnte.

12. **Klasse Säugethiere.**
- 1. Ordnung. Beutelthiere (Marsupialia).
- 2. Ordnung. Fischsäugethiere (Wale. Cetacea).
- 3. Ordnung. Wiederkäuer (Zweihufer. Ruminantia).
- 4. Ordnung. Dickhäuter (Pachydermata).
- 5. Ordnung. Zahnlose (Edentata).
- 6. Ordnung. Nager (Glires).
- 7. Ordnung. Fleischfresser (Raubthiere. Carnivora).
- 8. Ordnung. Handflügler (Chiroptera).
- 9. Ordnung. Vierhänder (Quadrumana).

Die bezeichnenden Merkmale der Klassen, Ordnungen und Familien fossiler Pflanzen und Thiere findet man in den Lehrbüchern der Botanik, Zoologie und Petrefaktenkunde näher angegeben. Der Kürze wegen will ich daher auf solche Werke verweisen.

Ausser den grössern Werken über einzelne Theile der Paläontologie mögen zum Gesammtstudium derselben folgende Lehrbücher empfohlen werden:

H. G. Bronn's Lethaea geognostica, oder Abbildung und Beschreibung der für die Gebirgsformationen bezeichnendsten Versteinerungen. Dritte stark vermehrte Auflage bearbeitet von H. G. Bronn und F. Roemer. Stuttgart.

F. Unger, Genera et Species plantarum fossilium. Vindobonae 1850.

H. B. Geinitz, Grundriss der Versteinerungskunde. Dresden und Leipzig 1846.

Fr. A. Quenstedt, Handbuch der Petrefaktenkunde. Tübingen 1852.

Die Werke von Geinitz und Quenstedt beschreiben nur fossile Thiere, keine Pflanzen.

III. Metamorphische Gebilde.

(Umgewandelte Gesteine).

Nicht selten haben Felsarten dadurch Veränderungen erlitten, dass durch die Wirkung äusserer Agentien Zersetzungen in dem Gesteine und Bildung neuer Verbindungen entstunden. Dadurch erlitt das Gestein eine chemische Veränderung und es erzeugten sich neue Bestandtheile, neue Mineralien, welche ursprünglich nicht

in der Felsart enthalten waren. Auf diesem Wege veränderte Gesteine werden umgewandelte oder metamorphische Gebilde genannt.

Zu den umgewandelten Felsarten im engern Sinn des Wortes rechnen wir also solche Gesteine nicht, welche blos mechanische Veränderungen erlitten haben. Das Erhärten von Sand zu Sandsteinen, von Mergel und Thon zu Schiefern, von Kalkschlamm zu Kalksteinen, von Geröllen zu Conglomeraten, die Bildung von Kalksteinen aus Kalkschlamm durch Korallen u. s. w. gehören also nicht zu den Prozessen des Metamorphismus.

Die chemische Umwandlung der Gesteine erfolgt durch die Wirkung der Luft, durch jene des Wassers und der in ihm gelösten Stoffe oder durch die Wirkung der Hitze.

1. Gesteins-Umwandlung durch die Wirkung der Luft.

Der Sauerstoff der Atmosphäre und die Kohlensäure derselben sind die Agentien, wodurch Gesteine durch Einwirkung der Luft umgebildet werden können. Diese Umbildung wird in hohem Grade befördert durch die Feuchtigkeit der Luft oder überhaupt durch die Gegenwart von Wasser.

a. Umbildungen durch Oxydationen an der Luft.

Durch Aufnahme von Sauerstoff färben sich Gesteine sehr häufig braun oder roth, indem sich das Eisenoxydul, Manganoxydul, das kohlensaure Eisenoxydul (Spatheisen) oder das Schwefel-Eisen derselben in Eisenoxyd-Hydrat oder in Manganoxyd oder in wasserfreies Eisenoxyd umwandeln. Dadurch ist das Gestein selbst metamorphisch geworden.

Die oxydirende Wirkung der Luft kann auch Entfärbung von Felsarten dadurch hervorbringen, dass organische Reste (sog. Bitumen) oder Kohle, wodurch die Gesteine schwarz oder dunkelgrau gefärbt wurden, sich mit dem Sauerstoff verbinden unter Bildung von Kohlensäure und verschiedenen organischen Stoffen, welche dann theils gas- oder dampfförmig entweichen, theils vom Wasser fortgeführt werden.

b. Umbildungen durch Wirkung der Kohlensäure.

Die Kohlensäure der Atmosphäre zersetzt, auf nassem Wege, manche Gesteine dadurch, dass sie sich mit Salzbasen derselben verbindet, und neue kohlensaure Salze erzeugt. — Besonders häufig tritt bei Feldspath-Gesteinen eine solche Umwandlung ein. Die Kohlensäure zersetzt das kieselsaure Alkali des Feldspathes, bildet kohlensaures Kali, Natron oder (doppelt) kohlensauren Kalk, welche dann von Wasser gelöst und fortgeführt werden. Durch diese Zersetzung ist das Feldspath-Gestein in ein neues Gebilde umgewandelt. — Aehnliche Wirkung äussert die Kohlensäure auf Hornblende, Augit, Leuzit, Olivin und daher auch auf die Felsarten, in welchen diese Mineralien mehr oder weniger reichlich vorkommen. Zugleich oxydirt sich bei dieser zersetzenden Einwirkung der Kohlensäure, unter Gegenwart von Wasser, das Eisenoxydul jener Mineralien.

Die Kohlensäure der Luft löst auch bei gleichzeitiger Mitwirkung des Wassers aus Kalksteinen, Dolomiten, Mergeln, kalkigen oder mergeligen Sandsteinen u. s. w. kohlensauren Kalk als doppelt kohlensaures Salz auf, und bringt dadurch mancherlei Umwandlungen in den Gesteinen hervor.

Unter den häufig in Felsarten vorkommenden Mineralien erleidet eine Zersetzung durch Sauerstoff und Kohlensäure der Luft nur schwierig und langsam der Glimmer; gar nicht wird von diesen Agentien zersetzt der Quarz, welcher höchstens durch die Kohlensäure des Wassers bei langjähriger Einwirkung theilweise, meist aber in kaum merklicher Menge aufgelöst werden kann.

Die Zersetzungen und Umwandlungen, welche die Gesteine durch die Einwirkung des Sauerstoffs und der Kohlensäure der Luft bei Gegenwart von Wasser erleiden, pflegt man das Verwittern zu nennen.

2. Umwandlung der Gesteine durch Wasser.

Die Umbildung der Felsarten durch die Einwirkung des Wassers erfolgt theils in der Kälte, theils bei erhöhter Temperatur und manchmal auch unter starkem Druck in den Erdtiefen.

Bisweilen erfolgt eine unmittelbare Aufnahme von Wasser durch ein Mineral des Gesteins, Bildung eines Hydrates. Hieher gehört die Umwandlung des Anhydrits in Gyps. Man hat mehr-

fach beobachtet, dass, während in der Tiefe Anhydrit vorkommt, gegen Tag sich Gyps findet, so dass offenbar eine Umwandlung des Anhydrits in Gyps durch Aufnahme von Tag-Wassern stattgefunden hat.

Weit häufiger als eine blosse Hydrat-Bildung erfolgt eine chemische Zersetzung der Gesteine durch die im Wasser gelösten fremden Stoffe, namentlich durch Kohlensäure, Kieselsäure, Chlor-Metalle und Salze. — Nur selten dagegen mag eine Zersetzung einer Felsart durch die unmittelbaren Bestandtheile des Wassers selbst, also durch die Wirkung seines Sauerstoffs und Wasserstoffs, erfolgen. Zu den häufigern Fällen dieser Art gehört die Zersetzung von Schwefeleisen durch die Elemente des Wassers unter Bildung von Eisenoxydul und Entwicklung von Schwefelwasserstoff-Gas. Auch diese Zersetzung tritt erst unter Mitwirkung einer freien Säure (allenfalls Kohlensäure) ein. — Die zersetzende Einwirkung der fremden im Wasser gelösten Stoffe auf die Gesteine geschieht nach den Regeln der chemischen Verwandtschaft, unter Umtausch der Bestandtheile der aufeinander wirkenden Körper und öfters unter Abscheidung der einen oder andern Substanz.

Die Metamorphosen von Felsarten auf diesem Wege sind von so grosser geologischer Wichtigkeit, dass es nicht nur zweckmässig, sondern selbst nothwendig erscheint, die wichtigsten hieher gehörigen Umbildungen genauer zu betrachten.

A. Zersetzung der Silicat-Gesteine durch die freie Kohlensäure des Wassers.

Es ist eine genau nachgewiesene Thatsache, dass nicht nur süsses Wasser, sondern auch das Meerwasser freie Kohlensäure aufgelöst enthält.

Wirkt daher Wasser Jahrtausende hindurch anhaltend auf Gesteine ein, so können im Laufe der Zeiten nach und nach in's Grosse gehende Veränderungen dieser Gesteine durch die Wirkung der Kohlensäure hervorgebracht werden, wenn auch diese Wirkung nur eine äusserst langsame, allmählige, im gegebenen Augenblick nicht wahrnehmbare und nach Ablauf einer kürzern Zeitfrist kaum merkliche war. Auf diesem langsamen Wege können namentlich Silicat-Gesteine gewiss wichtige Umwandlungen im Meeresgrund erlitten haben.

Was zunächst die Kali- und Natron-Silikate angeht, so sind solche bekanntlich in den Feldspath-Gesteinen allgemein

verbreitet. Wir wissen nun, dass die Kohlensäure des Wassers Kali und Natron aus kieselsaurem Kali und Natron auszieht, Kieselsäure und kieselsaure Thonerde aus dem Feldspath abscheidet und dieses Mineral dadurch in eine thonige Masse, oder in wahren Thon umwandelt. — Fand nun eine solche Zersetzung von Feldspath-Gesteinen im Meere während unendlicher langer Zeit statt, so mussten sich dadurch nach und nach ausserordentlich bedeutende Thonmassen zusammenhäufen. Diese grossen Massen von Thon konnten dann das Material zur spätern Bildung der Thonschiefer liefern. — Wenn es, wie wir später sehen werden, kaum zu bezweifeln ist, dass die Atmosphäre in der Urzeit der Erdbildung reicher an Kohlensäure war als heutzutage, so ist es auch sehr wahrscheinlich, dass das Meerwasser damals mehr Kohlensäure aufgelöst enthielt als jetzt. Die Zersetzung der Feldspath-Gesteine konnte daher früher energischer vor sich gegangen sein als gegenwärtig und daher auch sich in den ersten Zeiten der Erdbildung mehr Thonmasse zusammengehäuft haben als später. Daraus erklärt sich warum die Thonschiefer auch die ersten Gesteine waren, welche sich aus dem ältesten urweltlichen Meere absetzten und warum sie aus demselben in so bedeutender Mächtigkeit abgelagert wurden. — Wir sehen schon aus diesem Beispiel, wie die Lehre vom Metamorphismus zu wichtigen Erklärungen über die Entstehungsweise der Gesteine führt und welch' grosse Bedeutung sie daher für Geologie besitzt.

Durch die erwähnte Zersetzung der Feldspath-Gesteine musste (aus Gneiss und Granit) Glimmer frei werden und dadurch konnte sich Material anhäufen zur Bildung jüngerer Glimmerschiefer.

Kieselsaurer Kalk ist sehr häufig in plutonischen und vulkanischen Felsarten verbreitet; so namentlich in Feldspath-Gesteinen (besonders im Oligoklas und Labrador), in Hornblende- und in Augit-Gesteinen. — Die freie Kohlensäure des Wassers bildet nun durch allmählige Wirkung auf solche Felsarten sauren kohlensauren Kalk, der sich in Wasser löst, während Kieselsäure abgeschieden wird.

Diese Zersetzung von Kalk-Silikaten muss als eine Hauptquelle zur Bildung von Kalksteinen angesehen werden, indem der auf genanntem Wege gelöste kohlensaure Kalk beim Verdunsten der freien Kohlensäure sich aus dem Wasser absetzte. — Dauerte jene Zerlegung der Kalk-Silikate und diese Ausscheidung des kohlen-

sauren Kalks grosse Zeiträume hindurch, wie man überhäupt unendlich lange Zeiten in der Geschichte der Erdbildung annehmen muss, so konnten auf diesem Wege nach und nach ganz in's Grosse gehende Kalkstein-Ablagerungen erfolgen. — Auch dieses Beispiel zeigt uns, wie die Theorie des Metamorphismus Aufschlüsse von grosser Wichtigkeit über die Gesteinsbildung gewährt.

Die kieselsaure Talkerde der Felsarten erleidet durch die Wirkung der freien Kohlensäure im Wasser ganz ähnliche Zersetzungen, wie die oben genannten Silikate der Alkalien. Diese Zersetzung lieferte im Laufe der Zeiten reichliches Material zur Bildung von Dolomiten und Talkerde haltenden Kalksteinen.

Es bedarf keiner nähern Auseinandersetzung darüber, wie alle diese Umbildungen von Silikat-Gesteinen durch die Kohlensäure des Wassers eine gänzliche Zersetzung der Felsarten hervorbrachten, auf welche die Kohlensäure einwirkte und wie dadurch Veranlassung gegeben wurde, dass sich aus den umgebildeten Felsarten ganz neue Gesteine erzeugen konnten. Nicht nur die durch die Kohlensäure ausgezogenen doppelt kohlensauren Salze, sondern auch der feste Rückstand dieser Ausziehung lieferten reichliches Material zu neuen Gesteinsbildungen.

B. Umwandlungen durch Eindringen von Kieselsäure in die Gesteine (Verkieselungen).

Die Kieselsäure tritt bekanntlich in zwei Modifikationen auf, als unlösliche und lösliche Abänderung. Das Wasser kann nun schon dadurch kieselsäurehaltig werden, dass es die lösliche Abänderung aufgenommen hat. Man findet ferner Kieselsäure in der Natur, in kohlensauren Wassern aufgelöst, in alkalischen und in heissen Quellen.

Dringt nun Kieselsäure haltendes Wasser in Gesteine ein und verdünstet, so setzt es die Kieselsäure ab und es entstehen Verkieselungen mannigfaltiger Art. Die Kieselsäure kann nämlich sehr fein zertheilt in die ganze Masse des Gesteins eindringen, oder sie kann sich in Ritzen und Spalten oder überhaupt in freien Räumen der Gesteine ablagern, oder sie kann blosse Ueberzüge, Ueberrindungen hervorbringen. Beispiele zum Belege hierüber liefern die kieseligen metamorphischen Thonschiefer, der Hornfels, der Quarzfels, die Quarz-Gänge und -Stöcke, die Knollen (Nieren) von Hornstein und Feuerstein.

C. Dolomit-Bildung auf nassem Wege.

Ueber die Entstehung von Dolomiten unter Mitwirkung des Wassers hat man verschiedene Theorien aufgestellt, welche grössere oder geringere Wahrscheinlichkeiten darbieten. Es ist kaum zu zweifeln, dass die Dolomite nicht in jedem Fall auf einem und demselben Wege entstunden und daher gut, verschiedene Theorien über Dolomit-Bildung auf nassem Wege zu kennen, abgesehen von der Hypothese, nach welcher die Dolomite auf plutonischem oder vulkanischem Wege durch Einwirkung von Dämpfen auf die Kalksteine entstanden sein sollen.

a. Dolomit-Bildung durch unmittelbaren Absatz des Gesteins aus Wasser.

Beim ersten Anblick scheint die Ansicht am einfachsten, die Dolomite seien, analog den Kalksteinen, unmittelbare Absätze aus Wasser. Wie nämlich das Wasser durch Verdunsten der freien Kohlensäure des doppelt kohlensauren Kalks neutralen kohlensauren Kalk absetzt, so lässt sich denken, dass es diesen gemengt mit kohlensaurer Talkerde ablagert, wenn es neben Kalk doppelt kohlensaure Talkerde gelöst enthält.

Gegen diese so einfache Theorie spricht aber die Beobachtung, dass eine Flüssigkeit, in welcher kohlensaurer Kalk und kohlensaure Talkerde gleichzeitig aufgelöst sind, diese beiden Salze beim Verdunsten nicht mit einander gemengt ablagern lässt, sondern jedes derselben für sich absetzt, zuerst die kohlensaure Talkerde und erst, wenn diese grösstentheils ausgefällt ist, den kohlensauren Kalk. — Kleinere Mengen von kohlensaurer Talkerde, einige Prozente, können sich allerdings dem kohlensauren Kalk durch gleichzeitigen Absatz beimischen, grössere Quantitäten jedoch bis zur Bildung wahrer Dolomite, wie es scheint, nicht.

b. Dolomit-Bildung durch Wirkung von doppelt kohlensaurer Talkerde auf Kalksteine.

Kohlensaure Talkerde findet sich häufig als Bikarbonat im Wasser aufgelöst. Bleibt ein solches Wasser lange in Berührung mit Kalksteinen, so verlässt das zweite Atom Kohlensäure die kohlensaure Talkerde, verbindet sich mit dem Kalk und bildet löslichen doppelt kohlensauren Kalk, während einfach kohlensaure Talkerde abgeschieden wird. Kommt nun diese letztere fein zertheilt (in

statu nascenti) in innige Berührung mit dem durch jene Lösung von doppelt kohlensaurem Kalk aufgelockerten Kalkstein, so ist Gelegenheit gegeben zur Bildung des Doppelsalzes von kohlensaurem Kalk mit kohlensaurer Talkerde, woraus der Dolomit besteht. Dieses Doppelsalz ist im Wasser fast unlöslich, bleibt also bei diesem Auswaschungs-Prozesse als Rückstand, während der gelöste doppelt kohlensaure Kalk vom Wasser fortgeführt wird.

Es ist nachgewiesen, dass auf Gängen durch die angegebene Zersetzung Umwandlungen von Kalkspath in Bitterspath, also Pseudomorphosen von Bitterspath nach Kalkspath entstehen. Man darf daher nicht in Abrede stellen, dass auf diesem Wege im Laufe der Zeiten sich Dolomite bilden können. — Diese Theorie erklärt die löcherige, poröse Beschaffenheit der Dolomite auf eine sehr befriedigende und überhaupt die Entstehungsart dieser Gesteine auf eine höchst einfache Weise.

c. Dolomit-Bildung durch Wirkung von schwefelsaurer Talkerde auf Kalksteine.

Wenn schwefelsaure Talkerde (Bittersalz) des Meerwassers anhaltend auf Kalksteine einwirkt, so kann sich schwefelsaurer Kalk (Gyps) und kohlensaure Talkerde bilden. Wird diese kohlensaure Talkerde in freier Kohlensäure des Wassers gelöst und kommt diese Lösung dann unter günstigen Umständen mit kohlensaurem Kalk in Berührung, so sind (wie bei der vorigen Theorie) die Bedingungen zur Dolomit-Bildung gegeben. — Zur Unterstützung dieser Theorie lässt sich die Thatsache anführen, dass öfters Gyps in Begleitung von Dolomit in der Natur vorkommt und dass Morlot wirklich auf dem Wege des Versuches durch die Einwirkung von schwefelsaurer Talkerde auf kohlensauren Kalk Verbindungen oder Gemenge von kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Talkerde dargestellt hat. — Indessen wenn man auch zugeben muss, dass auf diesem Wege Dolomite entstanden seyn können, so geschah diess gewiss nicht in allen Fällen. Der einfachere Weg zur Dolomit-Bildung ist offenbar jener der vorigen zweiten Theorie.

d. Dolomit-Bildung durch Wirkung von Chlor-Magnesium auf Kalksteine.

Das Meerwasser enthält nicht unbeträchtliche Beimischungen von Chlor-Magnesium. Wirkt dieses nun auf den kohlensauren Kalk der Kalksteine, so kann sich Chlor-Calcium bilden, das vom

Wasser gelöst wird und kohlensaure Talkerde, welche in den Kalkstein eindringt und ihn in Dolomit umwandelt. Aus dieser Bildungsweise erklärt sich, wie bei der zweiten Theorie, die zellige Beschaffenheit der Dolomite. Versuche von Marignac zeigen die Möglichkeit der Dolomit-Bildung auf diesem Wege.

D. Umwandlungen im Kleinen auf nassem Wege.

Bekanntlich entstehen Umbildungen einzelner Mineralien, Pseudomorphosen, durch zersetzende Einwirkung verschiedener Stoffe auf diese Mineralien, indem meistens ein Umtausch der Bestandtheile dieser zersetzenden Stoffe und jener der Mineralien nach den Regeln der chemischen Verwandschaft bei Gegenwart von Wasser stattfindet. Die Bildung dieser Pseudomorphosen ist im höchsten Grade lehrreich für die Theorie der Umwandlung der Gesteine; denn was im Kleinen in der Natur bei der Umbildung einer Mineral-Species geschieht, kann ganz in derselben Weise auch im Grossen bei der Zersetzung von Gebirgsarten erfolgen, wenn grosse Massen aufeinander wirken und die Wirkung lange Zeiträume hindurch stattfindet.

Diese Pseudomorphosen gehen noch beständig unter unsern Augen vor sich, und unter Umständen, wobei an Wirkung von Schmelzhitze, also an Umbildung des Minerals auf sog. trockenem Wege nicht zu denken ist. Dass die Pseudomorphose nicht durch Schmelzung oder Sublimation erfolgt sein konnte, geht, abgesehen von jeder andern Betrachtung, schon klar aus dem Umstande hervor, dass das umgewandelte Mineral seine äussere Form, seine Krystallgestalt vollkommen beibehalten hat. Die Pseudomorphosen sind daher ganz schlagende Beweise dafür, dass wesentliche Umwandlungen der Gesteine durch die Wirkung des Wassers, also auf nassem Wege erfolgen könne.

Ueber die Art, wie sich Pseudomorphosen der Mineralien bilden, lässt sich im Allgemeinen nur bemerken, dass dieselben nach den Regeln der chemischen Verwandtschaft, meistens der doppelten oder mehrfachen Verwandtschaft entstehen. Entweder erzeugt sich in dem Mineral nur eine neue Verbindung, z. B. ein neues Metall-Oxyd, durch die Wirkung des Sauerstoffs der Luft, oder es entstehen zwei oder mehrere neue Verbindungen, so z. B. durch die Wirkung fremder Salze im Wasser auf die Salze des Minerals, wodurch ein Umtausch der Bestandtheile und die Bildung neuer Salze

erfolgt. — Es muss dem speciellen Theil überlassen bleiben die chemische Umwandlung eines Minerals in ein anderes im gegebenen Falle zu erklären; hier kann nur eine allgemeine Andeutung über die chemische Theorie solcher Umwandlungen gegeben werden.

E. Bildung ganz neuer Mineralien in den Gebirgsarten auf nassem Wege.

In der neuesten Zeit wurde, vorzüglich durch Senarmont, nachgewiesen, dass verschiedene in der Natur vorkommende Mineralien künstlich auf nassem Wege erzeugt werden können. Senarmont liess in verschlossenen Glasröhren, bei einer Temperatur bis zu 100° und 350°, Lösungen verschiedener Stoffe, so namentlich von doppelt-kohlensauren Salzen, Schwefelmetallen der Alkalien (Schwefellebern), Kohlensäure und Schwefel-Wasserstoff, aufeinander einwirken. Er erhielt auf diesem Wege mehrere Verbindungen, welche schon gebildet in der Natur vorkommen, wenn auch nur in mikroskopisch kleinen Kryställchen. So namentlich: Quarz, Magnesit, Malachit, Schwerspath, Rothkupfererz, Schwefelkies, Kupferkies, Zinnkies u. s. w.

In analoger Weise können viele Mineralien in Gebirgsarten gelangt sein, welche diesen sonst fremd sind; es kann also auf nassem Wege eine metamorphische Bildung in dem Gesteine stattgefunden haben.

3. Umwandlungen der Gesteine durch Hitze.

Metamorphismus durch Hitze erfolgt entweder durch unmittelbare Wirkung einer hohen Temperatur oder durch Gase und Dämpfe, welche in Folge von Temperatur-Erhöhung entwickelt werden und in die Gesteine eindringen.

A. Umbildungen durch unmittelbare Wirkung der Hitze.

Eine sehr hohe Temperatur kann dadurch auf die Gesteine wirken, dass plutonische oder vulkanische Ausbrüche stattfinden, oder dass die Gesteine durch Senkungen und Ueberlagerungen in grosse Erdtiefen gelangen.

Durch solche unmittelbare Wirkung hoher Temperaturen erleiden die Gesteine sehr häufig äussere Veränderungen: sie werden gehärtet oder umgekehrt bröckelig bis zerreiblich, sie verän-

dern ihre Farbe, sie werden rissig, bisweilen prismatisch abgesondert, sie erleiden eine Schmelzung, manchmal bis zur Verglasung.

Sehr oft geschieht es auch, dass eine hohe Temperatur chemische Veränderungen in den Gesteinen hervorbringt. Dadurch werden gewisse Bestandtheile aus den Felsarten ausgetrieben, z. B. Schwefel, Kohlensäure, oder aber es werden neue Bestandtheile aufgenommen und dadurch z. B. neue Oxyde, Schwefel-Metalle, Chlor-Metalle gebildet, oder endlich es entstehen andere Verbindungen als in dem ursprünglichen Mineral, indem die Bestandtheile desselben zersetzend auf einander wirken.

Einige wirklich an Felsarten beobachtete Thatsachen mögen als Belege dieser im Allgemeinen erwähnten Metamorphosen dienen: Durch Ausbrüche von Basalt wurden bisweilen rothe Sandsteine ausgebleicht (unter Bildung eines farblosen Silicates), sie wurden rissig, z. Th. prismatisch abgesondert. Durch Erdbrände im Steinkohlen-Gebirge oder durch Einschliessung in Laven wurden Thonschiefer roth gebrannt unter Oxydation ihres Eisenoxyduls. Vulkanische Ausbrüche, die auf Kalksteine wirkten, haben dieselben öfters in Aetzkalk umgewandelt. Entband sich ein Theil der letzteren, so entstand ein Gemenge von Aetzkalk mit kohlensaurem Kalk; bei völligem Verlust der Kohlensäure bildete sich reiner Aetzkalk, während unter Umständen trotz der grossen Hitze das Salz sich nicht zersetzen konnte. Ein Beispiel der letztern Art treffen wir am Wartenberg bei Geisingen in der Baar. Thonige, mergelige Kalksteine sind durch vulkanische Thätigkeit in harte feldspathige Gesteine umgebildet worden, indem Kieselsäure des Mergels mit Thonerde und Kalk zu harten Silicaten zusammenschmolz. Steinkohlen und Braunkohlen in Berührung mit Basalt findet man manchmal, in Folge des Ausbruchs derselben, in Koaks umgewandelt.

Eine eigenthümliche Wirkungsart einer höhern Temperatur kann durch Ueberlagerungen hervorgebracht werden, dadurch nämlich, dass nach und nach immer neue Massen neptunischer Gesteine sich über einander aufschichten. Durch solche oft wiederholte Ueberlagerungen von mächtigen Gesteinsmassen gelangen die zuunterst, also zuerst abgesetzten Gebilde im Laufe der Zeiten in beträchtliche Erdtiefen, bis zu 1000′, ja bis zu 10,000′ und darüber. Nun ist es bekannt, dass die Temperatur mit der Tiefe zunimmt. Die Temperatur der tiefern und tiefsten Schichten konnte sich dadurch beträchtlich erhöhen, und in gewissen Fällen die Hitze so

4*

bedeutend werden, dass eine metamorphische Wirkung derselben auf die Gesteine die Folge hievon war. — In den Alpen, wo viele Schichten, welche jetzt zu Tage stehen, sich früher in grossen Erdtiefen befanden, zeigen sich interessante Gesteins-Metamorphosen, welche wohl zum Theil auf diesem Wege zu erklären sind.

Durch die zerstörenden Katastrophen, welche unser Erdball in vorgeschichtlichen Zeiten erlitten hat, fanden Hebungen und Senkungen ganzer Gebirge statt. Kamen nun Gesteine durch solche Senkungen in grosse Erdtiefen, so konnte die dort herrschende hohe Temperatur wesentliche Umbildungen in jenen Gesteinen hervorbringen. Viele dieser in der Tiefe umgewandelten Gebilde wurden später wieder zur Erdoberfläche emporgehoben, so dass auf dem genannten Wege entstandene Metamorphosen heutzutage in beträchtlichen Höhen, bis zum Gipfel der Berge vorkommen können.

B. Umwandlungen durch Gase und Dämpfe.

Es ist eine durch vielfältige Beobachtungen bestätigte Thatsache, dass die Vulkane der Jetztzeit Gase und heisse Dämpfe ausstossen, namentlich Wasserdampf, kohlensaures Gas, salzsaures Gas, Schwefelwasserstoff-Gas, dann Dämpfe von Chlor-Metallen und gewissen Salzen. Diese Gase und Dämpfe wirken auf schon vorhandene Gesteine ein und bringen Zersetzungen, chemische Umwandlungen derselben hervor. Was gegenwärtig noch in geschichtlicher Zeit beobachtet wird, geschah gewiss auch in der Urzeit bei den damaligen plutonischen und vulkanischen Prozessen.

Auf diese Beobachtungen hat man Theorien über die Umbildung mancher Gesteine durch die chemische Wirkung von Gasen und Dämpfen gegründet. Ich will einige der beachtenswerthesten dieser Theorien als Beispiele kurz anführen.

a. Dolomit-Bildung durch Magnesium-Dämpfe.

Im südlichen Tyrol, namentlich im Fassa-Thal und seinen Umgebungen, haben bedeutende Durchbrüche von Melaphyr stattgefunden, und in der Nähe dieser Melaphyre erscheinen in ganzen Bergen bedeutende Dolomit-Massen, welche stark gehoben, zerrissen und zertrümmert sind. L. v. Buch, der die geologischen Verhältnisse dieser Gegend genau untersuchte, stellte über die Bildung dieser Dolomite eine Hypothese auf, welche zu ihrer Zeit viele Wahrscheinlichkeit darbot, fast allgemein angenommen wurde und wichtigen

Einfluss zur Begründung der Hebungs-Theorie ausübte. Nach L. v. Buch haben die grossen unterirdischen Bewegungen, deren Folge der Durchbruch der Melaphyre war, nicht nur grosse Hebungen in der genannten Gegend und überhaupt in einem beträchtlichen Theil der Alpenkette hervorgebracht, sondern auch auf dem Wege der Metamorphose aus schon früher vorhandenen Kalksteinen Dolomite erzeugt. Durch vulkanische Wirkung nämlich wurde der Melaphyr zu einer so hohen Temperatur erhitzt, dass ein Theil der in ihm enthaltenen Talkerde sich verflüchtigte. Die Talkerde-Dämpfe drangen dann in die Kalksteine ein, verdichteten sich dort und wandelten (unter späterer Aufnahme von Kohlensäure) die Kalksteine in Dolomite um.

Dieser Theorie stund die Thatsache entgegen, dass es bis jetzt nicht gelungen ist, weder im Kleinen noch im Grossen, Talkerde zu verdampfen, und dass daher die Annahme der Flüchtigkeit dieses Metall-Oxydes eine, bestimmten Beobachtungen wiedersprechende Hypothese genannt werden muss. Man suchte daher, um dem von chemischer Seite gemachten Einwurfe zu begegnen, die Theorie von L. v. Buch dahin zu modificiren, dass man annahm, die Dolomit-Bildung sei nicht unmittelbar durch Dämpfe von Talkerde geschehen, sondern durch Dämpfe einer andern Magnesium-Verbindung, z. B. von Chlor-Magnesium. Kamen diese Dämpfe mit den Kalksteinen in Berührung, so musste sich neben Chlor-Calcium, das von Wasser fortgeführt wurde, kohlensaure Talkerde bilden, welche sich mit dem unzersetzt gebliebenen Kalk zu Dolomit verband. Durocher hat auch wirklich durch den Versuch nachgewiesen, dass Kalksteine durch Dämpfe von Chlor-Magnesium künstlich in ein Talkerde haltiges, dolomitisches Gestein umgewandelt werden können.

Wenn nun auch nach diesen Beobachtungen der Theorie über Dolomit-Bildung durch Chlormagnesium-Dämpfe kein Hinderniss von chemischer Seite im Wege steht, so machen doch geologische Thatsachen dieselbe sehr unwahrscheinlich. Die Dolomite in Tyrol, und ebenso im fränkischen Jura, in der Keuper-Formation u. s. w. liegen nicht unmittelbar über Melaphyr und überhaupt nicht unmittelbar auf Talkerde haltenden vulkanischen Gesteinen, sondern sie sind von denselben durch mächtige Kalksteinlager getrennt. — Wie lässt sich nun annehmen, dass die Magnesium-Dämpfe durch Spalten und Risse dieser Kalkstein-Massen empor steigen konnten, ohne die Kalksteine im Mindesten zu verändern, zu dolomitisiren?

Warum fand die Umbildung in Dolomit erst in hoch über dem vulkanischen Heerde gelagerten Kalkstein-Massen statt, und warum nicht weit eher in den untern, tiefern Kalkschichten, welche der Quelle der Dolomitisirung weit näher lagen?

Es ist augenscheinlich, dass diese Theorie der so einfachen Theorie der Dolomit-Bildung auf nassem Wege an innerer Wahrscheinlichkeit weit nachsteht. Indessen bleibt L. v. Buch immer das Verdienst, zuerst die Ansicht in die Wissenschaft eingeführt zu haben, dass die Dolomite metamorphische Gebilde sind.

b. Gyps-Bildung durch Schwefelwasserstoffgas.

Man hat die Beobachtung gemacht, namentlich auf Island und auf der Insel Lipari, dass durch vulkanische Thätigkeit entwickeltes Schwefelwasserstoffgas mit Kalksteinen in Berührung kommt und bei gleichzeitiger Mitwirkung von Wasser-Dämpfen den kohlensauren Kalk in wasserhaltigen schwefelsauren Kalk, in Gyps umwandelt. Es bedarf kaum der Bemerkung, dass diese Metamorphose in der Weise vor sich geht, dass der Wasserstoff des Schwefelwasserstoffgases sich mit dem Sauerstoff der Luft zu Wasser verbindet, während der Schwefel mit einem andern Theil Sauerstoff der Luft Schwefelsäure ($\dot{S}\,O^3$) erzeugt, welche dann unter Austreibung der Kohlensäure sich mit dem Kalk des kohlensauren Kalks vereinigt. Häufig zersetzt sich gleichzeitig eine gewisse Menge des Schwefelwasserstoffs nur theilweise, so dass sich nur Wasser bildet und der Schwefel sich, ohne eine Oxydation zu erleiden, im gediegenen, elementaren Zustande absetzt. Daher rührt es, gelegentlich bemerkt, dass Schwefel so häufig in Begleitung von Gyps vorkommt. — In den genannten Gegenden erzeugen sich nach angegebener Theorie nicht etwa nur kleine unbedeutende Gyps-Massen, sondern stellenweise geht dort diese Gyps-Bildung sehr in's Grosse.

Durch eine ähnliche Metamorphose von Kalksteinen, zu Folge der Einwirkung von Schwefelwasserstoffgas auf dieselben, sieht man bisweilen in der Nähe von heissen Schwefelquellen sich Gyps bilden; so bei Aix in Savoyen und in Toskana.

c. Gyps-Bildung durch Dämpfe von schwefeliger Säure.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass bei vulkanischen Ausbrüchen schwefligsaures Gas gebildet wird. Ebenso weiss man, dass

dieses Gas an der atmosphärischen Luft sich nur bei Gegenwart von Wasser oxydirt. Ist nun schweflige Säure bei Gegenwart von Wasserdampf, oder nachdem sie in flüssigem Wasser gelöst war, durch den Sauerstoff der Luft in Schwefelsäure umgewandelt worden, so kann diese mit Kalksteinen in Berührung kommen und dieselben unter Austreibung ihrer Kohlensäure in Gyps verwandeln.

Dass auf diesem Wege eine Gyps-Bildung erfolgen kann, ist ausser Zweifel; allein man hat doch noch keine ganz sichern Beobachtungen, dass in dieser Weise wirklich Gypse in der Natur erzeugt wurden.

Die Annahme, Dämpfe von Schwefelsäure unmittelbar aus Vulkanen ausgestossen hätten Gyps-Bildung voranlasst, ist nicht gehörig begründet. Man hat nämlich bis jetzt nicht genau nachgewiesen, dass die Vulkane Dämpfe von Schwefelsäure ausstossen.

d. Bildung von Schwefeleisen durch Schwefelwasserstoff-Gas.

Wenn kohlensaures Eisen-Oxydul mit Schwefelwasserstoff-Gas, welches sich durch vulkanische Thätigkeit oder auf anderem Wege entwickelte, in Berührung kommt, so ist nach bekannter Theorie Gelegenheit zur Bildung von Schwefeleisen (Schwefelkies, Strahlkies, Magnetkies) gegeben. Die Häufigkeit dieser Gasentwicklung, sowie jene des kohlensauren Eisenoxyduls, erklärt daher auch die Häufigkeit des Schwefeleisens, welche sich gewiss in den meisten Fällen auf metamorphischem Wege erzeugt hat.

e. Bildung von Alaun und Alaunstein durch Schwefelwasserstoff- und schwefligsaures Gas.

An seinen Hauptfundorten, im Kirchenstaat, in Ungarn und in der Auvergne, erscheint der Alaunstein im vulkanischen Gebirge, namentlich im Trachyt. — Da nun Schwefelwasserstoff-Gas und schwefligsaures Gas Producte vulkanischer Thätigkeit sind, so liegt der Schluss nahe, dass Schwefelsäure, welche durch Oxydation dieser Gase an der Luft entstund, analog der Gyps-Bildung durch Wirkung auf Thonerde und Kali haltende Mineralien Alaunstein erzeugte.

Unter den Producten der Erdbrände im Steinkohlen-Gebirge findet sich nicht selten Alaun. Es ist mehr als wahrscheinlich, dass er ähnlich dem Alaunstein durch Oxydation jener beiden Gase entstund.

f. Verschiedenartige Umwandlungen der Gesteine durch vulkanische Gase und Dämpfe.

Die Einwirkung vulkanischer Gase und Dämpfe hat theils eine mechanische, theils eine chemische Veränderung der Gesteine zur Folge. Durch die mechanische Wirkung werden manche Felsarten löcherig, porös, mürbe, öfters erdig, sie verwandeln sich in Tuff. Die chemische Einwirkung bringt Oxydationen und Reductionen und dadurch Bildung neuer Mineralien hervor. Indem Sublimations-Producte in die Gesteine eindringen, sammeln sich in denselben nicht nur verschiedene direct sublimirte Stoffe an (Salmiak, Chlor-Metalle), sondern es bilden sich, durch die Wirkung der Bestandtheile der verflüchtigten Stoffe auf die Bestandtheile des Gesteins, mancherlei neue Erzeugnisse; so namentlich (abgesehen von Dolomit, Gyps und Alaun) Schwefel-Eisen, Schwefel-Kupfer, schwefelsaure Thonerde, neue kohlensaure Salze, Zeolithe u. s. w.

Die Producte aller dieser Neubildungen durch Gase und Dämpfe oder durch doppelte Verwandtschaft nehmen, wie natürlich, einen gewissen Raum ein. Sie drängen sich daher oft zwischen die Gebirgsschichten, treiben schon vorhandene Gesteine vom Platze und können auf diesem Wege nicht nur kleine Hebungen und Dislocationen bewirken, sondern allmählig nicht unbedeutende Veränderungen der Höhe und Gestalt der Berge veranlassen.

IV. Biogene Gesteine.

(Gestein-Bildungen durch Thiere und Pflanzen.)

Die Gebilde dieses Abschnittes sind theils unmittelbare Erzeugnisse der Lebensthätigkeit niederer Thiere und Pflanzen, theils Gesteinsmassen, die sich durch Zusammenhäufungen organischer Reste gebildet haben, theils endlich Ablagerungen, welche durch unvollständige Zerstörung vorzugsweise von Pflanzen entstunden.

Es gehören hieher die Gestein-Bildungen durch Polypen, Foraminiferen, Ostracoden und Diatomeen, die Muschel-Conglomerate, die Krinoideen-Kalksteine, die Knochen-Breccien u. s. w., dann die Steinkohlen- und Torf-Lager.

1. Gestein-Bildung durch Polypen.

So geringfügig beim ersten Anblick der Antheil zu sein scheint, welchen diese kleinen Thierchen an der Bildung unserer festen Erd-

rinde genommen haben, so zeigt sich doch bei näherer Betrachtung, dass die organische Thätigkeit der Polypen im Stande war ausgedehnte und mächtige Gesteinsmassen zu erzeugen. Die ungeheure Vermehrung, also die ausserordentliche Häufigkeit dieser Thiere und die unendlichen Zeiten, während welchen Polypen ihre Thätigkeit fortsetzen konnten, erklären diese grosse Wirkung aus scheinbar kleiner Ursache.

Die Gesteinsmassen, welche von Polypen erzeugt werden, sind die Polypen-Stöcke. Diese bestehen, nach Silliman, im Wesentlichen aus kohlensaurem Kalk, zu 90 bis 96 Procenten und darüber, mit Beimischungen von kieselsaurem Kalk, kieselsaurer Talkerde, Fluor-Calcium, Fluor-Magnesium, phosphorsaurem Kalk, phosphorsaurer Talkerde, Thonerde, Eisen-Oxyd und organischen Stoffen. Kalkstein-Bildung ist also das geologisch wichtige Ergebniss der organischen Thätigkeit der Polypen und dass dieselben den hiezu nöthigen Kalk aus dem Meerwasser aufnehmen, ist von selbst klar. — Diese Abscheidung von kohlensaurem Kalk geschieht grösstentheils in der innern Höhle des kleinen Thieres, so dass diese nach und nach ganz davon ausgefüllt wird, während zugleich auch die äussere Hülle erhärtet. Es bleiben daher zuletzt nur noch die Mundscheibe und die Fangarme des Polypen unverhärtet, da sich aus diesen Theilen keine Korallen-Substanz absetzt.

Die durch Ausscheidung von kohlensaurem Kalk entstandenen Korallen-Stämme (Polypenstöcke) erzeugen sich in ausserordentlicher Menge neben- und übereinander. Ist irgendwo der Meeresboden damit bedeckt, so setzen sich auf die bereits vorhandenen neue Stöcke fest, auf diese wieder andere, so dass das Polypen-Gebilde nach und nach eine ansehnliche Höhe erreicht. Der Bau dehnt sich zugleich in die Breite und vorzugsweise in beträchtliche Länge aus und es entsteht dadurch ein Korallen-Riff (eine Korallen-Bank). — Diese Riffe haben geologische Wichtigkeit; sie verdienen daher eine nähere Betrachtung.

Die Polypen, welche ganze Korallen-Riffe bilden, sind Meeres-Bewohner. Man hat beobachtet, dass dieselben nur in mässiger Meerestiefe zu leben fähig sind und dass sie daher nur da Korallenriffe bauen, wo das Meer nicht zu tief ist. Im Allgemeinen lässt sich die untere Grenze der Riffe in einer Tiefe von beiläufig 200 Fuss annehmen. In viel grösserer Tiefe kommen Polypenstöcke nur ausnahmsweise und dann bloss vereinzelt vor. — Der Grund, dass die Riff-

Bildung nur in gewisser Tiefe stattfindet, scheint in der Abnahme der Temperatur, dem beträchtlichen Druck und dem geringern Sauerstoff-Gehalt des Wassers in grossen Meerestiefen zu liegen.

Eine zweite Bedingung zur Bildung von Korallenriffen ist eine höhere Temperatur des Meerwassers. Man findet daher Korallen-Bänke fast nur in der heissen Zone (vorzugsweise in der Südsee und im indischen Ocean), wo die mittlere Temperatur des Meerwassers 27 -- 29° C. beträgt. Ueber dem 28° nördlicher und dem 25° südlicher Breite kommen nur noch wenige Riffe und diese grösstentheils da vor, wo Meeresströmungen mit wärmerem Wasser stattfinden.

Da die Polypen Wasserthiere sind und sterben, wenn sie sich ausserhalb des Wassers befinden, so erheben sich die Korallenriffe mit noch lebenden Polypen nie über die Meeresfläche. Sie beginnen erst ein Paar, etwa 4 — 6 Fuss unter derselben.

Was die Gestalt der Korallenriffe angeht, so ist diese verschiedenartig und man kann mit Darwin drei Hauptformen annehmen: die Strand-Riffe, die Kanal-Riffe und die Lagunen-Riffe oder Atolle.

Die Strandriffe (Küstenriffe) liegen unmittelbar an der Seeküste und sind also an diese angebaut.

Die Kanalriffe (Dammriffe) befinden sich zwar in der Nähe des Ufers, sind aber von diesem noch durch einen mit Wasser gefüllten Zwischenraum, durch einen Kanal getrennt.

Die Lagunenriffe (oder Atolle) umgeben eine Insel oder Inselgruppe ringförmig. Wenn das Riff später über die Meeresfläche emporgehoben wurde oder sich dadurch erhöht hat, dass durch Stürme und Strömungen Gesteinstrümmer auf demselben aufgehäuft worden sind, so befindet sich meistens im Innern des kreisförmigen oder länglichrunden Korallenriffs eine Wasser-Ansammlung, eine Lagune. Diese steht dadurch mit dem Meere in Verbindung, dass der Zusammenhang des Atolls an irgend einer Stelle unterbrochen ist. — Diese Lagunenriffe haben ihren steilen Abfall nach aussen und den sanftern nach innen, nach der Lagune. Die Tiefe dieser Lagune ist sehr verschieden. — Manchmal erheben sich aus derselben, also im Innern des Atolls, eine oder mehrere Inseln.

Die wahrscheinlichste Theorie über die Ursache der rundlichen Gestalt der Lagunenriffe ist die von Darwin. Nach dieser Erklärung sind Berge und Gebirgsketten, welche früher als Inseln aus dem Meer hervorragten, durch allmählige Senkungen unter

die Meeresfläche gelangt. Auf den Gipfeln dieser Berge und rings um dieselben haben dann Polypen ihre Riffe gebaut und diese dadurch die Gestalt der Berggipfel und der Gebirgszüge erhalten.

Die Strand- und Kanal-Riffe erreichen öfters eine beträchtliche Längen-Ausdehnung, so zwar, dass sie sich durch mehrere geographische Grade, ja bis zu 20—25—30 Graden hinziehen können. So erstreckt sich an der Ostküste von Afrika ein Strandriff vom 3° N. B. bis zum 15° S. B.; ein Kanalriff umschliest die Nordküste von Neuholland und zieht sich quer zwischen dem 7°—25° S. B. fort. Auch die Atolle haben nicht selten eine bedeutende Gröse; so befindet sich im Archipel der Malediven ein Lagunenriff 88 geographische Meilen lang, und 20 Meilen breit. — Wenn nun allerdings die erwähnten Fälle nur Beispiele von ungewöhnlich grosser Ausdehnung der Korallenriffe geben, so zeigen sie doch im Allgemeinen, welch' bedeutenden Umfang jene biogenen Gesteine erlangen können und sie weisen schon dadurch auf die geologische Wichtigkeit dieser Gebilde hin.

Wir haben gesehen, dass Korallenriffe ursprünglich nicht leicht eine grössere Höhe als von etwa 200 Fuss erreichen können, da die Polypen in grösserer Tiefe keine Riffe mehr bauen. Nun findet man aber Korallenbänke von weit beträchtlicherer Höhe, ja nach mehreren Angaben bis zur Mächtigkeit von ein paar tausend Fuss. — Offenbar also müssen bereits vorhandene Riffe mit dem Meeresboden eingesunken sein und auf diesem in die Tiefe gelangten Grunde müssen neue Polypen wiederholt ihre Wohnungen gebaut haben. — Die Art des Vorkommens der Korallenriffe ist somit von Wichtigkeit für die geologische Theorie der Senkungen und Hebungen der Erdoberfläche. Wir werden daher später bei der Hebungs-Theorie auf jene Erscheinungen an den Korallen-Riffen zurückkommen.

Korallen-Riffe aus vorgeschichtlicher Zeit. — Ganz wie noch heutzutage haben Korallen schon in urweltlicher Zeit ihre Riffe erbaut. Man findet in sehr vielen Gesteinen, welche sich aus Meerwasser abgelagert haben, Reste von Polypen in ausserordentlicher Menge. Diess ist namentlich der Fall im Uebergangs-Gebirge, im Jura, in der Kreide und im Tertiär-Gebirge. Nicht selten erkennt man an der ganzen Art des Auftretens dieser fossilen Polypen die Riff-Bildung durch die verschiedenen Gestalten der Küsten- oder Kanal-Riffe und der Atolle. So hat namentlich L. v. Buch die Gegenwart ausgedehnter Korallenriffe im ganzen Zug des deutschen Jura

nachgewiesen und ebenso hat man sie mit voller Deutlichkeit im französischen und besonders im Schweizer-Jura erkannt.

Diese urweltlichen Riffe findet man, wie schon aus ihrem erwähnten Vorkommen im Jura sich ergibt, in weit höhern Graden nördlicher Breite als die Korallen-Bänke der Jetzzeit. Während gegenwärtig nur Riffe bildende Polypen in den Meeren der heissen Zone leben, konnten sie in urweltlicher Zeit unter Breite-Graden der jetzt gemässigten, ja der kalten Zonen existiren. Nach E. de Beaumont finden sich nämlich noch urweltliche Korallen-Bänke im silurischen Gebirge Nordamerika's unter $69\frac{1}{2}^0$ N. B. — Diese Thatsachen erhalten dadurch allgemeine geologische Wichtigkeit, dass sie das Ihrige zur Führung des Beweises beitragen, es habe in urweltlicher Zeit ein heisses Klima über die ganze Erdoberfläche geherrscht.

Die urweltlichen Korallen-Bänke bestehen nicht ausschliesslich aus Polypen-Stöcken, sondern es ist diesen (abgesehen von mehr zufälligen Einmengungen) noch kohlensaurer Kalk, ohne alle organische Form, oft in grossen Massen beigemischt, so zwar, dass häufig diese Bänke vorherrschend aus Kalksteinen bestehen, in welchen die Polypen zerstreut umher liegen. — Wenn wir die Veränderungen betrachten, welche die Korallen-Riffe der gegenwärtigen Zeit erleiden, so wird sich jene Erscheinung einfach und richtig erklären.

Die Polypen dienen verschiedenen Seethieren, namentlich Fischen, Holothurien und Mollusken zur Nahrung. Dadurch werden die Polypenstöcke zerstört und zum Theil zu Kalksand zerrieben, welchen Darwin sogar mit kleinen Korallenstückchen gemengt in den Eingeweiden von Fischen gefunden hat. Dieser zerriebene Kalk bildet dann mit Wasser einen Schlamm, welcher die noch übrigen Polypen einschliesst und später zur Kalkmasse erhärtet. — Stürme und Brandungen wirken nicht selten zerstörend auf Korallenriffe und die Gewalt der Wogen vermag theils die Korallenstämme, theils die Schaalen der verschiedenen auf den Korallen festsitzenden niedern Seethiere zu feinem Kalksand zu zerreiben. Dieser bildet dann mit dem Wasser einen Schlamm, welcher ganz wie im vorigen Falle das Riff durchdringt und in amorphe Kalkmasse einhüllt. — Ebenso endlich setzt sich namentlich bei heftigen Bewegungen des Meeres kohlensaurer Kalk aus demselben zu Boden, der sich auf das Korallenriff ablagert und dasselbe dadurch in eine Masse umwandelt, welche aus einem mit Polypen gemengten Kalkstein besteht.

2. Gestein-Bildung durch Foraminiferen.

Foraminiferen (Polythalamien, Rhizopoden) finden sich in so ungeheurer Menge im Meere, dass die kalkigen Gehäusse dieser Thierchen zu umfangreichen Ansammlungen von kohlensaurem Kalk Anlass geben und die Aufhäufungen derselben daher geologische Wichtigkeit erlangen.

Ueber die zoologische Beschaffenheit der Foraminiferen zu sprechen würde hier zu weit führen. Ich muss mich daher auf die Bemerkung beschränken, dass die Gehäuse dieser Thierchen sehr verschiedenartige Formen besitzen und dass die Mehrzahl derselben mikroskopisch klein, also mit freiem Auge nicht sichtbar ist. — Die Foraminiferen sind nicht nur überhaupt ausserordentlich häufig, sondern so artenreich, dass man jetzt schon 15 – 1600 Arten derselben im fossilen und lebenden Zustande kennt. Sie vermehren sich so ausserordentlich, dass ein Individuum auf einmal Hunderte von Jungen gebären kann. Man darf sich daher nicht wundern, dass Cooper in einer Unze Meeressand von den Antillen 3,840,000 Foraminiferen-Schälchen zählte.

Man hat lebende Foraminiferen in allen Zonen, sowohl in der heissen, als gemässigten, als in der kalten Zone angetroffen, jedoch beobachtet, dass diese Thierchen in den Tropen-Ländern am häufigsten sind. — Bei weitem die meisten Foraminiferen leben im Meere, doch findet man auch solche in süssen Wassern, aber dort natürlich andere Gattungen und Arten. Im Meere kommen sie in sehr verschiedenen zum Theil bedeutenden Tiefen vor, ja sogar bis zu 500′ und darüber.

Schon ältere Beobachter haben die Wahrnehmung gemacht, dass eine unzählige Menge Foraminiferen in dem Sande der Seeküsten vorkomme, und diess ist von neuern Naturforschern, insbesondere von d'Orbigny bestätigt worden. Man kann behaupten, der Meeressand mancher Gegenden bestehe vorherrschend aus den kalkigen Gehäusen dieser kleinen Thierchen. Schon diese Thatsache zeigt, dass die Foraminiferen nicht unwesentlichen Antheil an der Bildung der festen Erdrinde genommen haben und noch nehmen. Diess wird klarer werden, wenn wir das Vorkommen der Foraminiferen im fossilen Zustande betrachten.

Grosse Massen von Foraminiferen hat man in verschiedenen Ablagerungen der neptunischen Gebirge gefunden. Die erste Spur

eines Thieres dieser Familie kommt im Kohlenkalk vor. In den Jura-Gebilden erscheinen schon etwa zwanzig Arten, und mit der Kreide beginnt die grössere geologische Wichtigkeit der Foraminiferen. Die weisse schreibende Kreide nämlich besteht zum grossen Theil aus den Schälchen dieser Thiere, gemengt mit amorphem kohlensaurem Kalk. Diese weisse Kreide aber setzt ganze Berge zusammen, und man kann annehmen, dass manche Kreide-Sorten in einem Kubikzoll über eine Million Foraminiferen-Gehäuse enthalten, abgesehen von jenen, welche durch Zerreiben mehr oder weniger zerstört wurden. Die Foraminiferen haben also einen sehr bedeutenden Antheil an der Bildung der Kreide-Gebirge genommen.

Noch weit häufiger als in der Kreide, kommen Foraminiferen im Tertiär-Gebirge vor. Die grössten Thiere dieser Familie, die Nummuliten, bilden in den Alpen *, in den Pyrenäen und in Nord-Afrika grosse Gesteins-Lager, so hart, dass sie als Bausteine dienen können. So ist namentlich die höchste unter den ägyptischen Pyramiden aus Nummuliten-Kalk erbaut. — In den Umgebungen von Wien finden sich Foraminiferen in erstaunlicher Menge, und ebenso bilden sie in den Umgebungen von Paris, gemengt mit amorphem Kalk, ausgedehnte Gesteinslager. D'Orbigny berechnet, dass in einem Kubikmeter Pariser-Grobkalk dreitausend Millionen Foraminiferen enthalten seien, und Harting schätzt die Zahl dieser Thierchen in einem Kubikmeter Milioliten-Kalk der Gegend von Paris auf fünftausend vierhundert fünfundsechszig Millionen. — Da diese Foraminiferen-Gesteine in Paris und Umgegend als Bausteine dienen, so lässt sich die Behauptung d'Orbigny's wohl rechtfertigen, dass dort die Häuser grösstentheils aus Foraminiferen-Schälchen erbaut seien.

Schon oben wurde erwähnt, dass heutzutage noch Foraminiferen in ausserordentlicher Menge leben. Ich bemerke daher nur, dass sie jetzt weit häufiger sind, als sie es in vorgeschichtlicher Zeit waren, und dass die Arten-Menge dieser Thierchen überhaupt von den ältesten Zeiten bis gegenwärtig zunahm. Während z. B. im Jura beiläufig 20 Arten vorkommen, finden sich in der Kreide ungefähr 280, im Tertiär-Gebirge 450 und gegenwärtig leben etwa

* Die Nummuliten-Kalke der Alpen werden von den meisten Geologen zu der Kreide gestellt. Nach Rüttimayer kommen aber in denselben sehr viele Foraminiferen vor, welche nach d'Orbigny für das Tertiär-Gebirge bezeichnend sind.

1000 Arten. — Die Formen der Foraminiferen werden vollkommener, d. h. höher ausgebildet, je mehr sie sich der Jetztzeit nähern.

3. Gestein-Bildung durch Ostracoden.

Die fossilen Ostracoden, Muschel- oder Schalenkrebse, haben erst in neuerer Zeit die Aufmerksamkeit der Geologen auf sich gezogen. Es sind diese Krebse aus der Ordnung der Buschelfüssler (Lophyropoden) nämlich in eine zweiklappige Schale eingeschlossen, aus der nur die Fühler und borstigen Füsse hervorragen; eben diese Schale ist der Theil, den diese Thiere als fossil zurückliessen. 4 Gattungen derselben sind von Bedeutung, nämlich: Cypris, Cytherina, Cypridina und Cyprella. Die letztern 3 sind Meeresthiere, erstere aber, ein Süsswasserbewohner, setzt ganze Schichten tertiären Gesteins aus seinen Schalen zusammen. Aber selbst aus den ältesten neptunischen Gesteinsschichten, dem Uebergangs- und Kohlengebirge, sind schon gegen 30 Arten Ostracoden bekannt. Die Juraformation ist in dieser Beziehung noch sehr wenig untersucht worden. Die Kreideformation enthält über 40 Arten, während das Tertiärgebirge über 100 Arten Ostracoden beherbergt.

4. Gestein-Bildung durch Diatomeen.

Den schönen Untersuchungen von Ehrenberg verdanken wir die Beobachtung, dass Diatomeen (kieselschalige Bacillarien) zur Bildung unserer Erdrinde nicht unwesentliche Beiträge geliefert haben.

Ob diese kleinen Geschöpfe dem Thier- oder Pflanzen-Reich angehören, darüber sind die Ansichten der Naturforscher noch getheilt. Die neuesten Untersuchungen jedoch scheinen den Beweis zu liefern, dass die kieselschaligen Bacillarien zu den Pflanzen gehören, und zwar zur Abtheilung der Algen.

Alle diese Geschöpfe sind so klein, dass sie nur durch das Mikroskop erkannt werden. Sie besitzen die mannigfaltigsten Formen und sind unbiegsam, steif. Ihre Schälchen bestehen weit vorherrschend (ungefähr zu 90%) aus Kieselsäure; sie erhalten sich daher, da diese dem Verwittern widersteht, sehr leicht. — Die Diatomeen leben sowohl im Meere, als in süssen Wassern, ja sie können sogar in heissen Quellen, z. B. in jenen von Carlsbad, fortexistiren. Man findet sie von der Oberfläche des Meeres an bis zu beträcht-

lichen Tiefen, und man hat noch aus einer Tiefe von 1260′ Meeressand geschöpft, welcher lebende Diatomeen enthielt.

Die Fortpflanzung der Diatomeen geschieht durch Theilung und ist so ganz ausserordentlich, dass ein einziges Individuum in einem Tage eine halbe Million neuer Individuen zu erzeugen vermag. Hieraus, so wie aus dem Umstande, dass die Kiesel-Schälchen dieser Algen schwer zerstörbar sind, erklärt sich die ausserordentliche Häufigkeit der Diatomeen. Man hat berechnet, dass in einem Kubikfuss dieser Schälchen mehr als hundert Billionen Individuen enthalten sind. — Die Diatomeen bilden durch ihre ungeheueren Mengen einen feinen, zum Theil zu einer zusammenhängenden Masse verhärteten Kieselsand, welcher gewöhnlich mit Schlammlagen wechselt.

Die Zusammenhäufungen von Diatomeen formiren theils im ungemengten Zustande, theils mit Schlamm, Sand, Kalk oder Mergel gemischt nicht selten ziemlich mächtige Lager von nicht unbeträchtlicher Ausdehnung. Lager von 10—20′ Dicke sind nichts Ungewöhnliches; auf der Lüneburger Haide erreichen sie eine Mächtigkeit bis zu 40′, und bei Berlin stellenweise bis 100′ und darüber.

Die ältesten Diatomeen, welche man bis jetzt kennt, kommen nach Ehrenberg im Steinkohlen-Gebirge vor. Dann sollen sie sich in der Kreide finden, und dort namentlich einen Hauptbestandtheil der Feuersteine ausmachen. Man hat indessen gegen die Behauptung ihres Vorkommens in den Feuersteinen neuerlich gegründete Zweifel erhoben. — Sehr häufig treten die Diatomeen im Tertiärgebirge auf. So bilden sie zum grössten Theil den Polirschiefer von Bilin, den Kieselguhr von Franzensbad, das Bergmehl von St. Fiora und aus Schweden, dann den Trippel. Diatomeen-Lager setzen die Hauptmasse des Bodens der Lüneburger Haide und einen Theil des Bodens von Berlin und Umgegend zusammen. Sie finden sich ferner im Puy-de-Dôme- und im Ardèche-Dept. — Häufig treten sie auf in verschiedenen Gegenden von Nord- und Süd-Amerika, an der Westküste von Afrika, in Ostindien u. s. w.

Auch gegenwärtig noch erzeugen sich Diatomeen-Lager. Man findet namentlich im Sand und Schlamm der Seeküsten, dann an den Mündungen grosser Flüsse ausserordentliche Mengen dieser Algen-Schälchen, ja man hat Ursache, denselben, wenigstens zum grossen Theil, das Versanden mancher Seehäfen zuzuschreiben. Dieser Diatomeen-Sand und Schlamm wird nicht nur in der heissen und gemässigten Zone angetroffen, sondern bis in die nördlichen

und südlichen Polar-Gegenden. — Auf der Lüneburger Haide sollen sich beständig noch neue Diatomeen-Lager bilden. — Ehrenberg hat endlich beobachtet, dass Diatomeen, deren Lager im Boden der Vulkane und ihrer nächsten Umgebung vorkommen, bei den vulkanischen Ausbrüchen ausgeworfen werden, und zwar theils als sog. vulkanische Asche, theils zu grössern Kiesel-Massen zusammengeschmolzen, namentlich als Bimsstein und vulkanische Tuffe. — Es sind über 260 fossile Diatomeen bekannt.

5. Zusammenhäufungen verschiedener organischer Reste.

Organische Reste werden manchmal in so bedeutenden Massen aufgehäuft, dass sie entweder für sich allein grössere Lager bilden, oder aber, indem sie sich mit Sand-, Kalk-, Mergel- oder Thonschlamm mischen, zur Vermehrung des Umfangs dieser Gesteins-Massen sehr wesentlich beitragen.

Die Beschaffenheit solcher Gesteine ist so einfach, und sie sind so leicht kenntlich, dass eine nähere Beschreibung derselben nicht nöthig wird. Ich kann mich daher darauf beschränken, nur einige Beispiele von solchen Gesteinsbildungen zu geben. Es gehören hieher die Muschel-Conglomerate, die Aufhäufungen fossiler Fische, die Knochen-Breccien, die Steinkohlen- und Torf-Lager.

Muschel-Conglomerate. — In urweltlicher Zeit sowohl, als gegenwärtig, haben sich nicht selten Mollusken-Schalen, meistens gemengt mit Resten anderer niederer Thiere, in so grossen Massen zusammengehäuft, dass sie theils für sich allein, theils gemengt mit Sand, Kalk oder Thon ausgedehnte, und mehr oder weniger mächtige Lager bilden. Diese Massen sind gewöhnlich beim Eintrocknen erhärtet und durch ihr Bindemittel zu Conglomeraten zusammengekittet worden. Man hat solchen Gebilden den allgemeinen Namen Muschel-Conglomerate gegeben, obwohl Muscheln (Schalen von Bivalven) öfters in denselben nicht gerade vorherrschen.

Hieher gehörige Ablagerungen haben sich von den ältesten Zeiten an bis jetzt vorzüglich im Meere erzeugt. So finden sich z. B. in den ältesten aus Wassern abgelagerten Gesteinen, im Uebergangsgebirge, Zusammenhäufungen der Schalen von Strygocephalus Burtini, von Goniatiten und Clymenien in Lagern von mehreren hundert Fuss Mächtigkeit. Im Jura und in der Kreide setzen Gryphiten, Exogyren und Austern ausgedehnte Bänke zusammen. Im

Tertiär-Gebirge findet man häufig die Gesteinslager ganz erfüllt von Muschelschalen und Schneckengehäusen, ja diese setzen dort nicht selten fast die ganze Gesteinsmasse zusammen. Gegenwärtig noch bilden sich solche Muschel-Conglomerate an den Seeküsten, besonders der wärmeren Zonen, abgesehen von den Austerbänken, welche sich manchmal meilenweit an der Küste hinziehen.

Ablagerungen fossiler Fische. — An einigen Punkten, z. B. am Monte-Bolca bei Verona, im Sernftthal des Cantons Glarus und auf der Insel Sheppey in England, finden sich fossile Fische in solcher Menge angehäuft, dass sie bedeutend zur Vermehrung der Gesteinsmasse beitragen. Sehr wahrscheinlich wurden dort die Fische durch vulkanische Ausbrüche getödtet, wie man Fälle der Art heutzutage in grossem Maassstabe beobachtet hat; oder die Thiere konnten theils auf ihren Wanderungen, theils beim gewöhnlichen Aufenthalt im Meere durch irgend ein anderes Naturereigniss in Masse zu Grunde gegangen sein, z. B. in Folge von heftigen Erdbeben oder Stürmen, wodurch sie an die Küste geschleudert wurden.

Knochen-Breccien. — So nennt man Zusammenhäufungen theils ganzer, theils mehr oder weniger zerstörter Knochen, vorzugsweise von Säugethieren und Amphibien, durch ein kalkiges, thoniges oder sandiges Bindemittel zum Conglomerate verkittet. — Diese Breccien enthalten in den meisten Fällen Knochen von urweltlichen Thieren, und man findet solche vorzüglich in der Keuper-Formation und im Tertiär-Gebirge; bisweilen kommen in diesen Conglomeraten Knochen jetzt noch lebender Thiere vor, zum Zeichen ihrer jüngern Bildung. — Die Knochen-Breccien finden sich theils schichtenweise abgelagert, wie andere durch Wirkung des Wassers gebildete Gesteine, theils erfüllen sie Gebirgs-Spalten, oder sie bedecken den Boden von Höhlen (Knochen-Höhlen).

Steinkohlen- und Torf-Lager. — Dass die Steinkohlen Produkte der Zerstörung urweltlicher Pflanzen sind, wird später näher gezeigt werden, und der vegetabilische Ursprung des Torfes bedarf keines weitern Beweises. — Diese biogenen Ablagerungen sind so allgemein bekannt, dass eine namentliche Erwähnung derselben hier vorläufig genügt. Ihre geologische Geschichte findet den passendsten Platz im speziellen Theil.

Geschichte der Erdbildung.

Erster Zeitraum der Erdbildung.

Die Untersuchungen über die ursprüngliche Beschaffenheit der Erde führen zu dem nothgedrungenen Schluss, dass dieselbe in der ersten Zeit ihrer Bildung noch keine feste Gestalt besass. Ihre Oberfläche erstarrte erst nach Umfluss unendlich langer Zeiten. — Diese Zeiten, während welchen der Erdball noch nicht fest war, und jene der Erstarrung der ersten Gesteine, der Erzeugung der ältesten Erdrinde, lassen sich sehr naturgemäss in eine geologische Periode zusammenfassen.

Der erste Zeitraum der Erdbildung unterscheidet sich ferner von allen andern dadurch, dass damals noch keine lebenden Wesen, keine Pflanzen, keine Thiere auf unserer Erde vorhanden waren; sie war in dieser uralten Zeit noch ganz unbewohnt.

Die älteste geologische Periode zerfällt naturgemäss in drei Abschnitte.

Erster Abschnitt.

Ursprünglicher Zustand der Erde.

Ueber die Form unseres Planeten in der ersten, ursprünglichen Zeit seiner Bildung können wir, wie natürlich, keinen ganz sichern Schluss ziehen, sondern nur Hypothesen aufstellen. — Ohne uns auf solche einzulassen, wollen wir nur eine Ansicht hier kurz erwähnen, welche allerdings wenigstens auf grosse Wahrscheinlichkeit Anspruch machen darf.

Man hat die Meinung aufgestellt, unser Erdkörper sei in der ersten Urzeit seiner Bildung eine dampfförmige Masse gewesen. Diese habe sich aus dem körperlichen (Widerstand leistenden), kos-

5 *

mischen Weltäther, dann aus einem unserm Sonnensystem angehörenden Stoffnebel, der aus jenem Weltäther abgesondert wurde, zur planetarischen Dunstmasse zusammengeballt, ähnlich den Nebelflecken des Weltsystems.

Ganz andern Werth für eine exakte Wissenschaft als diese, wenn auch sehr wahrscheinliche Hypothese hat die auf Analogie und Induction gegründete Ansicht, unsere Erde sei in der Urzeit, in etwas späterer Periode als der, in welcher sie dampfförmig war, tropfbar-flüssig gewesen.

Betrachtungen über die Gestalt unseres Planeten geben uns Mittel an die Hand, die Beschaffenheit der Erde in der frühesten Urzeit zu erforschen.

Die Erde ist bekanntlich keine vollkommene Kugel, sondern an den Polen eingedrückt, abgeplattet, und um den Aequator aufgetrieben, aufgebläht. — Es würde zu weit führen, bei diesem mehr der Geographie als der Geologie angehörenden Gegenstande hier das Verfahren näher auseinander zu setzen, durch welches man auf den erwähnten Wegen die allgemeine Gestalt der Erde ermittelt hat. Ich muss mich daher darauf beschränken, die Thatsache festzustellen und nur zu bemerken, dass Gradmessungen in Polar- und Tropenländern, Beobachtungen über die Schwingungen des Sekundenpendels unter niedern und hohen Breitegraden und astronomische Berechnungen der Mondbahn über diese Gestalt der Erde nicht den mindesten Zweifel lassen.

Die Abplattung an den beiden Polen ist von der Art, dass nach Bessel die Länge einer durch die Pole gezogenen Axe 1713,14 geographische Meilen beträgt, und die Länge einer Axe von einem Punkte des Aequators zum entgegengesetzten 1718,88 Meilen. Die Polaxe ist also, in Rundzahl, um $5^3/_4$ geographische Meilen kürzer als der Durchmesser des Aequators.

Unser Erdball verdankt seine erwähnte Gestalt gewiss nicht einem blossen Zufall. Sie beruht auf einer wohl begründeten Ursache. Fragen wir nach derselben, so lehrt uns die Mathematik, und beweisen unmittelbare Versuche, dass eine flüssige oder weiche, teigige Kugel, welche schnell um ihre Achse gedreht wird, durch die Schwungkraft oder Centrifugalkraft ihre vollkommene Kugelgestalt verliert und dadurch die Gestalt der Erde annimmt, also an den Polen abgeplattet und um den Aequator aufgetrieben wird. Newton und Huyghens, welche die Ansicht

hatten, die Erde sei in der Urzeit flüssig gewesen, behaupteten daher sie müsse an den Polen eingedrückt und am Aequator aufgetrieben sein, lang ehe man diess durch die Beobachtung festgestellt hatte. Ivory berechnete die Grösse der Abplattung nach den Gesetzen der Centrifugalkraft, und das Resultat seiner Rechnung stimmt mit jenem, durch unmittelbare Beobachtung erhaltenen sehr gut überein. — Auch auf dem Wege des Versuches, des Experimentes (in neuerer Zeit vorzüglich von Plateau) durch rasches Umdrehen flüssiger und weicher Kugeln vermittelst besonderer Vorrichtungen, wurde dasselbe Resultat gewonnen.

Aus diesen mathematischen Gesetzen, aus diesen bestimmten Versuchen über die Gestalts-Veränderung, welche eine flüssige oder weiche Kugel erleidet, die sich schnell um ihre Axe dreht, dürfen wir nun mit vollem Rechte schliessen, dass die Erde ihre bekannte Gestalt dadurch erhielt, dass sie in den ersten Zeiten ihrer Bildung noch keine feste, sondern eine weiche Kugel war. — Dieser Schluss ist eine nothgedrungene Folgerung aus sichern Berechnungen und Beobachtungen, und es kann daher die Annahme, die jetzt an ihrer Oberfläche feste Erdkugel sei ursprünglich flüssig oder weich gewesen, nicht mehr, wie in früherer Zeit, als eine blosse Hypothese betrachtet werden, sie ist nun als eine wohl begründete Thatsache anzusehen.

Welches war die Ursache dieses ursprünglich flüssigen oder weichen Zustandes unseres Planeten?

Wir können nur zwei Ursachen hievon auffinden. Entweder nämlich waren die Gesteine, welche den ersten Kern unserer Erde bilden, und welche wir jetzt als feste Massen auf der Erdoberfläche erblicken, geschmolzen, oder aber diese Gesteine waren so innig und in so fein vertheiltem Zustande mit Wasser gemengt, dass sie dadurch eine teigige, breiartige Masse bildeten. Wir kennen also zwei Agentien, welche die ursprünglich weiche Beschaffenheit der Erde hervorgebracht haben konnten: das Feuer oder das Wasser. — Man hat die Meinung, dass das Feuer die weiche Beschaffenheit der Erde verursacht habe, die plutonische Ansicht genannt, und die Meinung, welche jenen Zustand dem Wasser zuschreibt, die neptunische. Betrachten wir jetzt, welche Ansicht die richtige sei.

1. Neptunische Ansicht.

Die entschiedensten Gründe beweisen, dass wir die ursprünglich weiche Gestalt unseres Planeten nicht der Wirkung des Wassers zuschreiben dürfen. Die wichtigsten Thatsachen, welche gegen die neptunische Ansicht sprechen, sind folgende:

a. Die Mineralien, woraus die Gesteine bestehen, welche den ursprünglichen Kern unserer Erde bilden, sind unlöslich in Wasser. — Wir können aber nicht annehmen, dass in der ersten Zeit der Erdbildung noch andere Lösungsmittel, ausser Wasser, vorhanden gewesen seien. Diese Lösungsmittel nämlich müssten sich noch auf unserer Erde in ihrem ursprünglichen Zustand oder in irgend einer Verbindung finden. Man trifft aber solche entweder nicht oder in so unbedeutender Menge, dass schon desshalb die Annahme ihrer frühern Gegenwart und Einwirkung eine ganz gehaltlose, unzulässige Vermuthung wäre. Eine Verflüchtigung solcher Lösungsmittel ist darum undenkbar, weil dieselben sich nicht aus dem Anziehungskreis der Erde entfernen konnten, und also entweder in der Atmosphäre oder, wenn sie aus derselben niedergeschlagen worden wären, auf der Erdoberfläche vorkommen müssten.

b. Ein zweiter ganz entscheidender Grund gegen die neptunische Theorie des ursprünglich weichen Zustandes der Erde ist die zu geringe Menge des Wassers, das sich auf derselben vorfindet. Nach den Berechnungen von Cordier aus dem Kubikinhalt der Erdkugel, und den Beobachtungen über Flächenraum und Tiefe der Meere, beträgt nämlich die Menge des Wassers nur $1/_{50000}$ im Vergleich mit der Menge der festen Gesteine unseres Erdballs. — Wenn auch diese Berechnung kein ganz zuverlässiges Resultat gewährt, so nähert sich dasselbe doch der Wahrheit einigermassen. — Es ist nun ohne alle weitere Erläuterung klar, dass eine so höchst unbedeutende Wassermenge bei weitem nicht hinreicht, um eine so ungeheure Masse von festen Stoffen nur zu befeuchten, geschweige denn mit ihnen einen Teig zu bilden, oder gar dieselben aufzulösen.

c. Man kann den strengen Beweis führen, dass die Erde in der ersten Zeit ihrer Bildung eine viel höhere Temperatur besass als die Siedhitze des Wassers. Wenn diess der Fall war, und wir werden uns bald hievon überzeugen, so konnte in der Urzeit der Erdbildung kein flüssiges Wasser auf unserm

Planeten vorkommen; das Wasser musste damals verdampft sein, es umgab den Erdball in dieser Urzeit in dicken Dampfwolken. — Diese einzige Betrachtung schon spricht auf das Entschiedenste gegen die neptunische Theorie.

Diese kurzen Erörterungen geben die überzeugendsten Beweise, dass die Meinung, der ursprünglich weiche Zustand unserer Erde sei durch die Wirkung des Wassers hervorgebracht worden, als eine gänzlich unstatthafte betrachtet werden müsse. — Hieraus geht nun schon von selbst hervor, dass wir berechtigt sind, jenen Zustand der Einwirkung des Feuers zuzuschreiben. Wir können aber auch für diese letztere Ansicht noch weitere und ganz entscheidende Belege beibringen.

2. Plutonische Ansicht.

Die Thatsachen, welche für die plutonische Theorie sprechen, sind eben so schlagend, als die vorhin erwähnten gegen die neptunische.

a. Genaue Beobachtungen setzen ausser Zweifel, dass die Temperatur der Erde steigt mit der Tiefe, dass die Wärme zunimmt, je tiefer man in das Erd-Innere eindringt. — Die Temperatur erhöht sich um einen Grad des hunderttheiligen Thermometers ungefähr bei je 90 bis 93 pariser Fuss Tiefe. Dieses Resultat wurde erhalten durch zahlreiche Beobachtungen beim Bohren artesischer Brunnen und durch sorgfältige Temperatur-Bestimmungen in sehr tiefen Bergwerken.

Beim Bohren artesischer Brunnen hat man wahrgenommen, dass je tiefer dieselben sind, sie ein um desto wärmeres Wasser liefern. Wenn bei je 100 pariser Fuss, in Rundzahl, die Temperatur um 1° C. zunimmt, so lässt sich leicht berechnen, wie tief man bohren muss, um kochendes Wasser zu gewinnen. — In Bergwerken hatte man öfters vortreffliche Gelegenheit Beobachtungen über die Erd-Wärme in sehr verschiedenen und beträchtlichen Tiefen anzustellen. — Im Freiberger Revier in Sachsen erreichen die Gruben eine Tiefe von mehr als 1800′, im böhmischen Erzgebirge, bei Joachimsthal, von beiläufig 2000′ und am Harz von mehr als 2000′.

Die ganz unzweifelhaften Beobachtungen über die Temperatur-Zunahme im Innern der Erde lassen den Schluss zu, dass in sehr grossen Tiefen Glühhitze herrschen müsse.

Weitere Beweise, dass in grossen Erdtiefen eine sehr hohe

Temperatur herrsche, liefern die heissen Quellen und die Vulkane. — Es ist eine bekannte Thatsache, dass häufig heisse Quellen sich in Gegenden zeigen, in welchen nie vulkanische Thätigkeit beobachtet wurde. Die Erhitzung solcher Quellen erklärt sich aber ganz einfach dadurch, dass sie aus grossen Erdtiefen stammen. — Wo Vulkane vorkommen oder vorkamen, muss im Innern der Erde Glühhitze herrschen. Diess folgt von selbst aus den Erscheinungen der vulkanischen Thätigkeit und bedarf keiner weitern Bemerkung.

Alle diese Thatsachen erlauben nun einen folgerichtigen Schluss auf den Urzustand unserer Erde. Wenn die Temperatur mit der Tiefe zunimmt und in grossen Tiefen noch Glühhitze herrscht, so hat augenscheinlich die Erde sich von der Oberfläche nach dem Innern allmählig abgekühlt. In der ersten Zeit ihrer Bildung war sie glühend heiss bis zur Oberfläche. Die Wärme strahlte nach und nach in den kalten Weltraum aus und dadurch fand eine allmählige Abnahme der Wärme an der Oberfläche statt, ein allmähliges Erkalten von Aussen nach Innen. — Die Wärme im Innern der Erde ist offenbar eine ihr eigenthümliche, nicht von der Sonne mitgetheilte, sonst müsste die Wärme an der Oberfläche grösser sein und gegen das Innere abnehmen.

Schon diese erste Thatsache der Temperatur-Zunahme mit der Tiefe führt uns zu einem nothgedrungenen Schluss über die ursprüngliche Beschaffenheit des Erdballs. Die Annahme, dass derselbe in den ersten Zeiten seiner Bildung sich im geschmolzenen Zustande befand, ist eine nothwendige Folgerung aus bestimmten genau beobachteten Thatsachen.

b. Ein zweiter Beweis, dass die Erde ihre ursprünglich weiche Beschaffenheit der Wirkung der Hitze verdankte, kann aus der mineralogischen und geologischen Beschaffenheit, d. h. aus der Zusammensetzung und der Art des Auftretens der Gesteine, geführt werden, welche die Grundmasse unseres Planeten bilden.

Wir werden später die Thatsachen kennen lernen, welche uns zu dem Schlusse nöthigen, dass die sog. plutonischen Felsarten als Produkte einer Wirkung der Glühhitze angesehen werden müssen. Wenn nun aber die Hauptmasse der ältesten Gesteine der Erde aus Mineralien besteht, die ganz augenscheinlich keine Erzeugnisse des Wassers, sondern der Schmelzung sind, wenn diese Gesteine in ganz

anderer Weise auftreten, als die Felsarten, über deren Absatz aus Wasser nicht der mindeste Zweifel sein kann, so liegt es auf der Hand, dass diese Thatsache einen besonders triftigen Beweis für die plutonische Theorie des Urzustandes der Erde geben muss.

c. Einen weitern Beleg für die Richtigkeit dieser Theorie liefert die Beschaffenheit der urweltlichen Flora und Fauna. — Man findet unter allen Breitegraden, zwischen den Wendekreisen, in den gemässigten Klimaten und in der kalten Zone versteinerte Pflanzen, deren analoge Formen heutzutage nur noch in den Tropen-Ländern wachsen, namentlich baumartige Farren und Lycopodiaceen, riesenmässige Equisetaceen (Schaftheu-Arten), Cycadeen und Palmen. Es unterliegt keinem Zweifel, dass diese urweltlichen Pflanzen an der Stelle wuchsen, wo man sie gegenwärtig noch in der Erde findet, z. B. im jetzigen Deutschland, Frankreich, in England. Diese Gewächse nämlich kommen öfters mit aufrechtstehenden Stämmen, die Wurzel nach abwärts gerichtet vor, und ihre zartesten Blättchen sind häufig auf das Vortrefflichste erhalten. Man darf daher nicht daran denken, dass sie vielleicht durch grosse Meeres-Strömungen aus den heissen Ländern in unsere gemässigten Gegenden herbei geschwemmt worden seien. — Ebenso findet man in der gemässigten und kalten Zone versteinerte Thiere, deren ähnliche Gestalten heutzutage nur noch in den Tropen-Meeren vorkommen. Wir werden später zahlreiche Belege hierüber kennen lernen. Ich erwähne daher vorläufig nur eine, besonders beachtenswerthe, hierher gehörige Thatsache. In gegenwärtiger, geschichtlicher Zeit entstandene Korallenriffe kommen nur in den Meeren der heissen Zone, nicht aber in jenen der gemässigten und kalten Klimate vor. Die Thierchen, die Korallen, welche solche Riffe bauen, können nur in den Tropen-Ländern leben, in kälteren Gegenden gehen sie zu Grunde. Nun findet man aber urweltliche Korallenriffe, in hohen Breitegraden bis zur kalten Zone.

Wenn nun jene Pflanzen und Thiere, wie man nicht zweifeln darf, ehemals in den jetzt gemässigten und kalten Klimaten lebten, so musste dort in der Urzeit eine zu ihrem Gedeihen nöthige Wärme, ein heisses Klima geherrscht haben. Dieses heisse Klima aber konnte entschieden nicht durch Sonnenwärme hervorgebracht werden, denn es spricht durchaus kein Grund dafür, dass die Erde in der Urzeit eine andere Bahn als gegenwärtig im Sonnensystem verfolgt habe. Es bleibt daher nichts übrig als die Annahme, das in den urweltlichen

Zeiten über die ganze Erde, vom Aequator bis zu den Polen, verbreitete heisse Klima sei durch die Erdwärme bewirkt worden, welche von Innen nach der Erd-Oberfläche sich verbreitete. — Wenn aber dieses der Fall ist, so folgt daraus, dass die Erde früher mehr Wärme aus ihrem Innern ausstrahlte als gegenwärtig und dass sie also sich allmählig abkühlte. — Nun liegt es auf der Hand, in wie fern diese ehemalige höhere Temperatur der Erd-Oberfläche und diese allmählige Abkühlung derselben für die plutonische Theorie über den Urzustand unseres Planeten spricht.

Alle diese Thatsachen zusammen genommen, die Zunahme der Erdwärme mit der Tiefe, der Beweis aus der Zusammensetzung und dem geologischen Verhalten der ältesten Gesteine und jener aus der Beschaffenheit der urweltlichen Flora und Fauna, erlauben nicht den mindesten Zweifel darüber, dass die Erde in den ersten Zeiten ihrer Bildung eine glühend flüssige, eine geschmolzene Kugel war. Diese Annahme darf eine wohlbegründete Thatsache genannt werden, so streng bewiesen, als nur immer ein Beweis in genauen Wissenschaften geführt werden kann.

Dauer der Abkühlung der Erde. — Die Frage, wie lange es beiläufig gedauert haben kann, bis die Erde vom glühenden Zustand zur jetzigen Temperatur ihrer Oberfläche abgekühlt war, ist darum keine müssige, sondern sogar eine wichtige, weil eine zuverlässige Beantwortung derselben uns einen Schluss auf das beiläufige Alter unseres Planeten erlaubt.

Zur Beantwortung dieser Frage gewähren uns interessante Versuche von G. Bischof in Bonn sehr gute Hülfsmittel. Bischof liess eine Basalt-Kugel von zwei Fuss im Durchmesser in einem Schmelzofen zum heftigen Glühen erhitzen. Nachdem die glühende Kugel aus dem Ofen heraus genommen war, untersuchte er genau, wie lange sie brauchte, um zu gewissen Temperatur-Graden und endlich vollständig zu erkalten. Da der Durchmesser der Erde bekannt ist, so konnte durch eine leichte Rechnung gefunden werden, wie lange die glühende Erdkugel zum Erkalten nöthig hatte, wenn die glühende Basalt-Kugel von 2′ Durchmesser eine gewisse, näher bestimmte Zeit hiezu brauchte.

Die Basalt-Kugel bedurfte, um vom glühenden Zustand ganz zu erkalten, 6½ Tag. Nun ist die Erde 7500 Trillionen mal grösser als eine Kugel von 2′ Durchmesser. Das Resultat der vergleichenden Rechnung ist daher, dass die glühende Erd-Kugel zum Erkalten

353 Millionen Jahre brauchte. — Unsere Erde hat also ein ganz ungeheures Alter!

Während ihres glühenden Zustandes konnte natürlich die Erde noch nicht von Pflanzen und Thieren bewohnt sein. Sie bewegte sich als ein todter Feuerball um die Sonne. — Ebenso konnte während dieses glühenden Zustandes der Erdkugel und auch später noch, als die Temperatur derselben noch nicht unter den Siedepunkt des Wassers gesunken war, kein flüssiges Wasser auf unserm Planeten vorhanden sein. In dieser Urzeit umgab alles Wasser die Erde in dicken Dampfwolken.

Wir können nun die weitere Frage aufwerfen: Wie lang befand sich die Erde in diesem glühenden Zustand, wie lang dauerte es, bis das erste Leben auf ihr erschien und seit wie viel Jahrtausenden existiren schon lebende Geschöpfe auf der Erde? — Zur Beantwortung dieser Frage gibt uns die Abkühlungszeit der Basalt-Kugel in Bischofs Versuchen die nöthigen Mittel an die Hand.

Die ältesten, in den tiefsten Erdschichten begrabenen Pflanzen und Thiere der Urwelt sind ähnlich jenen der heissen Zone. Als jene Geschöpfe in den jetzt gemässigten und kalten Zonen lebten, musste also über die ganze Erde ein Klima verbreitet gewesen sein, wenigstens so heiss als jenes der jetzigen Tropen-Länder. Die mittlere Temperatur der Tropen-Länder ist aber 22° C. Um zu finden, wie lange die Erde nöthig hatte, um von der Glühhitze bis zur Temperatur der jetzigen heissen Zone zu erkalten, musste also bestimmt werden, wie lang die Basalt-Kugel brauchte, um von der Glühhitze sich bis zu 22° abzukühlen; dann musste die vergleichende Berechnung über die Grösse der Basalt- und der Erd-Kugel angestellt werden. — Das Resultat war, dass die Erde, um vom glühenden Zustand bis zu 22° zu erkalten, nicht weniger als 344 Millionen Jahre nöthig hatte. — Unser Planet war also eine unendlich lange Zeit unbewohnt!

Aus den Resultaten der erwähnten Versuche beantwortet sich nun die Frage von selbst: Seit wie vielen Jahrtausenden gibt es lebende Wesen auf der Erde? — Wenn das Alter der Erde, seit ihrem glühend-flüssigen Zustand, 353 Millionen Jahre beträgt, wenn sie 344 Millionen Jahre unbewohnt war, so existirt das Leben auf ihr seit 9 Millionen Jahren. — Dieses Resultat wird noch bestätigt durch die Bestimmung der Zeit, welche die Basalt-Kugel von 2' Durchmesser nöthig hatte um von 22°, der mittleren Temperatur

der Troppen-Länder, bis zu + 8°, der mittleren Temperatur der gemässigten Zone, zu erkalten. — Sie brauchte hiezu 28 Stunden, also die 7500 Trillionen mal grössere Erde: 9 Millionen Jahre.

In diesen langen Zeiträumen, welche seit Erschaffung der ersten lebenden Wesen verflossen sind, gingen die grossen Umwälzungen der Erd-Oberfläche vor sich, wovon später das Wichtigste angeführt werden wird. Die geologischen Perioden, welche wir später kennen lernen werden, dauerten also nicht nur Jahrtausende, sondern Millionen von Jahren.

Nachdem wir nun mit den Abkühlungs-Zeiten unseres Erdballs bekannt geworden sind, drängt sich von selbst die Frage auf: Geht die Abkühlung der Erde immer noch weiter? Wird ihre Temperatur endlich auf 0°, auf den Gefrierpunkt herabsinken und die Erde dann als eine Eismasse, auf der alles Leben vernichtet ist, sich um die Sonne bewegen? — Wir können diese Frage schon entschieden mit nein beantworten, wenn wir uns nur die allbekannten Erscheinungen des Wechsels der Jahreszeiten vergegenwärtigen. Wir sehen daraus den Einfluss der Sonnenwärme auf die Erdoberfläche. Die Erde gibt zwar immer noch Wärme in den Weltraum ab, aber die Wärme, welche sie von der Sonne erhält, stellt das Gleichgewicht auf der Erd-Oberfläche wieder her. So viel sie abgibt, so viel und noch etwas mehr, empfängt sie wieder. — Wir dürfen also ganz ausser Sorge darüber sein, dass unsere späten Nachkommen dereinst mit unserer Erdkugel erfrieren könnten.

Zweiter Abschnitt.

Bildung der ersten festen Gesteine.

Das Erkalten der Erdoberfläche hatte ein Erstarren der vorher geschmolzenen Massen zur Folge und dadurch die Bildung fester Stoffe; es entstunden die ersten Gesteine, welche nun den ältesten Theil der Erdrinde zusammensetzen. — Daraus, dass die Erde in der ersten Zeit ihrer Bildung eine geschmolzene Kugel war, folgt von selbst, dass diese ersten ältesten Gesteine Feuer-Erzeugnisse, plutonische Gebilde, sind.

Älteste plutonische Gebilde.

Alle Thatsachen sprechen dafür, dass die ältesten Felsarten, die ersten Gesteine, welche sich bei dem Erkalten der Erdoberfläche

bildeten, die sog. **plutonischen Schiefer-Gesteine** sind. Zu diesen gehören: der **Gneiss**, **Glimmerschiefer** und **Hornblendeschiefer**.

Betrachten wir nun zuerst die Merkmale dieser Gesteine, die Art ihres Auftretens, ihre Verbreitung und endlich ihre geologischen Verhältnisse.

Gneiss.

Merkmale. — Diese Felsart ist ein schiefriges und plattenförmig abgesondertes Gemeng von Feldspath, Glimmer und Quarz.

Besonders bezeichnend für den Gneiss ist die Anordnung der Glimmerblättchen in dem Gestein. Der Glimmer liegt nämlich nicht in zerstreuten Blättchen regellos zwischen dem Feldspath, sondern stellenweise zusammengehäuft, so dass er die Felsart in Streifen durchzieht, welche übereinander liegen und durch Zwischenlagen von Feldspath getrennt sind.

Der Feldspath herrscht im Gneiss fast immer vor. Er ist bei weitem am häufigsten Kali-Feldspath. Nur selten, wie es bis jetzt scheint, enthält der Gneiss Oligoklas oder Albit. Seine Farbe ist weiss, selten hellroth und sein Gefüge kleinblättrig in's Körnige. Ausnahmsweise liegt Feldspath in einzelnen Krystallen im Gneiss und gibt dem Gestein Porphyr-Structur. — Der Glimmer scheint jedesmal Kali-Glimmer zu sein. Er hat meist eine schwarze und braune, bisweilen eine braungelbe Farbe. Der schwarze Glimmer nimmt häufig durch Oxydirung und Verwittern eine gelbe oder braune Farbe an, daher man sehr oft an der Oberfläche der Gneiss-Felsen gelben und braunen Glimmer sieht. Seltner enthält der Gneiss silberweissen Glimmer, sehr selten grünen oder rothen. — Die Menge des Glimmers ist in der Regel in den Gneissen sehr beträchtlich, bisweilen jodoch findet sich das Mineral in geringerer Menge. — Der Quarz kommt im Gneisse gewöhnlich nicht häufig vor und fehlt auch stellenweise gänzlich. Er liegt theils in Körnern, theils in Streifen zwischen dem Feldspath des Gesteins.

Als zufällige Gemengtheile nehmen die Gneisse manchmal Hornblende auf, bisweilen Talk, welcher dann auch wohl den Glimmer ganz oder theilweise verdrängt, so dass sich ein sog. Talk-Gneiss bildet.

Dieser Talk ist ein wasserhaltiges Mineral, er kann also

nicht gleich bei der ursprünglichen Bildung des Gneisses erzeugt worden sein. Die Talkgneisse sind daher später umgewandelte Gesteine, metamorphische Gebilde.

Art des Auftretens im Grossen. — Der Gneiss bildet nicht nur ganze Berge, sondern grosse Gebirgszüge. Die Formen der Gneissberge sind sehr unregelmässig. Bald zeigen sie langgezogene Gestalten, mit flachen, runden oder auch mit schmalen, kammförmigen Rücken, bald abgerundete Kuppen, bald erscheinen sie in mehr oder weniger spitzen Kegeln. Bei weitem in den häufigsten Fällen besitzen die Gneissberge nicht mehr ihre ursprüngliche Gestalt. Sie wurden durch spätere Hebungen und Erschütterungen sehr verändert. Je heftiger dieselben waren, desto schroffere, zerrissenere Gestalten lassen diese Berge wahrnehmen.

Die Gneissfelsen zeigen sich in plattenförmige Massen abgetheilt. Diese Platten sind bald dicker, bald dünner, was von der Menge des Feldspaths und Glimmers abhängt, so zwar, dass sehr feldspathreiche Gneisse in dicke Platten zertheilt sind, sehr glimmerreiche dagegen eine schiefrige Absonderung besitzen. — Die Gneissplatten liegen meistens gekrümmt, gebogen übereinander, so dass eine gebogene Platte die andere wie eine Schale bedeckt; der Gneiss besitzt eine schalige Structur oder Absonderung.

Manche Geologen sehen den Gneiss, wie überhaupt die alten Schiefergesteine, für eine geschichtete Felsart an. Allein seine plattenförmige, schaalige Structur unterscheidet sich wesentlich von der ächten Schichtung der neptunischen Gesteine schon dadurch, dass die Gneissplatten gewöhnlich nicht ebenflächig, sondern gekrümmt, schalig oder ellipsoidisch übereinander liegen. Wollte man auch dieser plattenförmigen Absonderung den Namen Schichtung geben, so wäre dieselbe jedenfalls ganz verschieden von der durch Absatz aus Wasser entstandenen Schichtung der neptunischen Gesteine.

Verbreitung des Gneisses. — Man trifft diese Felsart in fast allen grössern Ländern. In Deutschland bildet der Gneiss einen sehr grossen Theil des Schwarzwaldes. Er findet sich sehr verbreitet im Spessart, im Fichtelgebirge, im Böhmerwald, im Erzgebirge, Riesengebirge, dann in den deutschen Alpen in Tyrol, Kärnthen und Steyermark. — In der Schweiz setzt er grosse Berge zusammen in den Bündtner-, Berner- und Tessiner-Alpen. — In Frankreich findet er sich in den Vogesen, in der Auvergne, im südlichen und

westlichen Theil des Landes, dann in den französischen Alpen und Pyrenäen. — In England kommt er besonders im südwestlichen Theile des Landes vor, dann in grosser Verbreitung in Schottland und Irland. In Schweden und Norwegen setzt er den grössten Theil des Kiölen-Gebirges zusammen. — Ferner trifft man ihn in Ungarn, Spanien, Russland und ausser Europa in allen Welttheilen.

Glimmerschiefer.

Merkmale. — Der Glimmerschiefer ist ein schiefriges Gemeng von sehr viel Glimmer mit wenig Quarz und ohne Feldspath, oder nur mit geringen Mengen desselben. — Durch das grosse Vorherrschen des Glimmers und den Mangel, oder das sehr sparsame Vorkommen des Feldspaths lässt sich dieses Gestein sehr gut von dem Gneiss unterscheiden.

Der Quarz wird meistens durch den Glimmer ganz eingehüllt; bisweilen liegt er auch in dünnen Streifen zwischen demselben. — Die Farbe des Glimmers ist bei diesem Gestein wie beim Gneiss sehr verschieden. Er scheint jedesmal Kali-Glimmer zu sein, was jedoch noch genauere Untersuchung verdient. (Nach Delesse und Schafhäutl sollen bisweilen eigenthümliche glimmerartige Mineralien in dieser Felsart auftreten.)

Manchmal kommen Glimmerschiefer vor mit grössern Mengen von Feldspath; dadurch bildet dann das Gestein Uebergänge in Gneiss.

Art des Auftretens im Grossen. — Der Glimmerschiefer bildet ganze Berge und Gebirgszüge. Diese haben im Wesentlichen dieselben Gestalten, wie jene des Gneisses.

Der Name Glimmer-Schiefer zeigt schon, dass diese Felsart in dünne Platten abgetheilt zu sein pflegt.

Verbreitung. — Man findet auch dieses Gestein sehr häufig, doch bei weitem nicht in so ausgedehnter Verbreitung wie den Gneiss. — In Deutschland kommt der Glimmerschiefer vorzugsweise in den Tyroler und Salzburger Alpen vor, dann im Böhmerwald, im Erzgebirge, Riesengebirge und im Thüringer Wald. — In der Schweiz zeigt er eine grosse Verbreitung in Wallis, im Berner Oberland, in Tessin und Graubündten. — Ferner tritt der Glimmerschiefer in grosser Ausdehnung auf: in Schottland und Irland, in Scandinavien, Ungarn, Spanien, am Ural, im Himalaya, in Nord- und Süd-Amerika.

Hornblendeschiefer.

(Hornblende-Gestein. Amphibolit.) — Zusammenhäufung von meist blättriger, bisweilen strahliger Hornblende zu einem Gestein, welches gewöhnlich schiefrige Absonderung zeigt.

Die Hornblende besitzt fast immer eine schwarze, selten eine dunkelgrüne Farbe. Hieraus und aus den übrigen äussern und chemischen Eigenschaften dieses Minerals ist der Hornblendeschiefer stets leicht zu erkennen. — Bisweilen kommt, gemengt mit der Hornblende, etwas Feldspath oder Albit vor, wodurch das Gestein sich dem Syenit und Diorit nähert, aber durch die sehr kleine Menge jener Feldspathe doch von diesen Felsarten gut unterschieden bleibt. — Manchmal mischt sich dem Hornblendeschiefer schwarzbrauner Glimmer, hier und da auch etwas Quarz bei, so dass das Gestein dann einem Hornblende-Gneiss nahe steht.

Die Absonderung dieser Felsart im Grossen ist bald dickschiefrig, bald dünnschiefrig. Bisweilen lässt sich nur eine Absonderung in ganz dicken Platten, oder auch eine massige Struktur beobachten; in diesem Falle hat man die Gebirgsart statt Hornblende-Schiefer Hornblende-Gestein genannt.

Hornblendeschiefer finden sich zwar häufig in der Natur, jedoch nicht in ganzen Bergen, sondern als grössere oder kleinere Zwischenlager im Gneiss und Glimmerschiefer, seltener in selbstständigen Felsmassen in Begleitung dieser Gesteine, oder auch im Granitgebiet.

Eine blosse Abart des Hornblendeschiefers bildet der Strahlsteinschiefer, worunter man Zusammenhäufungen grösserer Massen von schiefrig abgesondertem, grünem Strahlstein versteht, welche besonders in den Alpen, in Schottland, in Nord-Amerika u. s. w. manchmal als Gebirgs-Gesteine auftreten.

Geologische Verhältnisse der alten Schiefer-Gesteine.

1. Beweise für die plutonische Bildung der alten Schiefergesteine.

Die wichtigsten Erscheinungen, woraus man überhaupt schliessen darf, dass eine Felsart durch die Wirkung der Hitze entstanden sei, werden auch beim Gneiss, Glimmer- und Hornblende-Schiefer beobachtet. Diese Gesteine enthalten als wesentliche Bestandtheile Mineralien, aus welchen die entschieden aus Wasser abgesetzten Gesteine nicht gebildet sind, Mineralien, welche künstlich durch

Schmelzung erzeugt werden können: Feldspath, Glimmer und Hornblende. Sie sind nicht geschichtet und wechseln nicht mit Zwischenlagern von Lehm, Sand und Geröllen. — Die genannten Felsarten sind frei von organischen Resten. (Eine scheinbare Ausnahme beim Glimmerschiefer soll später erwähnt werden bei der Theorie von der metamorphischen Bildung der alten Schiefergesteine.)

2. Beweise für das geologische Alter des Gneisses, Glimmer- und Hornblende-Schiefers.

Die wichtigsten Thatsachen, woraus man den Schluss ziehen darf, dass jene Gesteine auch die ältesten unter sämmtlichen Felsarten sind, dass sie also die erste Erstarrungs-Rinde der Erdoberfläche bildeten, sind folgende:

1. Alle andern Feuer-Gesteine dringen in Gängen und Stöcken in Gneiss, Glimmerschiefer und Hornblendeschiefer ein. Man sieht nämlich sehr häufig, besonders im Gneiss, Adern, Bänder und Keile, die sich oft wie die Aeste eines Baumes verzweigen, dann manchmal ganze Felsmassen von andern plutonischen Gesteinen, z. B. von Granit oder Porphyr, die alten Schiefergesteine durchziehen, in dieselben eindringen. Diese gang- und stockförmig eindringenden Gesteine sind solche, die auch ganze Berge bilden, über deren plutonischen Ursprung die klarsten Beweise vorliegen. — Es ist klar, dass die Schiefergesteine schon da gewesen sein mussten, als jene fremden Massen gangförmig in sie eindrangen und sie durchzogen. Hieraus folgt also augenscheinlich, dass die eingedrungenen Felsarten die jüngern, die Schiefergesteine aber die ältern sind. Bis jetzt hat man noch nirgends Schiefergesteine mit Sicherheit gangförmig auftreten sehen. Einige Fälle, wo diess früher behauptet wurde, haben sich bei späterer genauerer Untersuchung nicht bestätigt und ein paar, wo diess gegenwärtig noch behauptet wird, müssen nach allen übrigen genau beobachteten Thatsachen zweifelhaft erscheinen und verdienen jedenfalls eine sorgfältigere Prüfung.

Wenn nun die ältesten aller andern plutonischen Gebilde in die Schiefergesteine gangförmig verlaufen, also erst nach diesen erzeugt wurden, wenn man nie ein gangförmiges Vorkommen dieser Schiefergesteine mit Zuverlässigkeit beobachtet hat, so ist man vollkommen berechtigt, diese alten Schiefer-Gebilde für die ältesten plutonischen Erzeugnisse und daher für die ältesten Gesteine unserer Erdrinde zu halten.

2. Die ältesten durch Wasser abgesetzten Gebilde, die ältesten Gesteine, in welchen sich die ersten Spuren des Lebens auf der Erde finden, ruhen öfters auf alten Schiefergesteinen, namentlich häufig auf Gneiss. — In diesen ältesten aus Wasser abgesetzten Felsarten findet man auch Bruchstücke (Gerölle) von alten Schiefergesteinen, namentlich von Gneiss. — Hieraus geht auf das Bestimmteste hervor, dass jene Schiefergesteine schon vorhanden waren als die ersten Ablagerungen aus Wasser enstunden und als die Erde so weit abgekühlt war, dass sich das erste Leben auf derselben entwickeln konnte.

Diese Thatsachen lassen nicht den mindesten Zweifel darüber, dass die alten Schiefergesteine die ersten festen Stoffe waren, welche sich beim Erkalten der Erdoberfläche bildeten und dass aus ihnen die erste feste Erdrinde zusammengesetzt wurde. Da der Gneiss unter diesen Gesteinen bei weitem das verbreitetste ist, so müssen wir schliessen, dass in den ersten Zeiten der Erdbildung die Umstände zu seiner Erzeugung besonders günstig waren. Wir werden auch bald die Thatsache kennen lernen, dass nicht sehr lange nach der Entstehung der Gneisse und noch in der ersten geologischen Periode sich Gesteine in grossen Massen bildeten, welche dem Gneiss sehr nahe stehen, die Granite.

Sind aber alle Gneisse solche alte Gesteine der ersten geologischen Periode und haben sich nicht vielleicht noch in spätern Zeiträumen der Erdbildung abermals Gneisse erzeugt, so dass neben den ältern auch jüngere Gneisse vorkommen? — Diese Frage will ich zu beantworten suchen, wenn von den plutonischen Gebilden des zweiten Zeitraums die Rede ist.

Eben so will ich später, bei den metamorphischen Gesteinen, von der Theorie sprechen, nach welcher aller Gneiss oder wenigstens ein Theil desselben ein metamorphisches Gebilde, umgewandelter Thonschiefer sein soll.

Da Hornblendeschiefer in so innigem Zusammenhang mit Gneiss und Glimmerschiefer auftritt, meist lagerartig zwischen denselben, so gilt alles, was vom Gneisse in geologischer Beziehung erwähnt wurde, auch von selbst von jenem Schiefergestein.

Die Ursache der schieferigen und schaligen Absonderung der Gneisse und überhaupt der alten Schiefergesteine ist wohl zum Theil in besondern Verhältnissen des Erkaltens derselben zu suchen, namentlich in ihrem sehr langsamen Erstarren zu einer Zeit, als die

Erdoberfläche noch eine hohe Temperatur besass. Dann wurde diese schieferige Structur jener Gesteine noch besonders durch ihren Reichthum an Glimmer oder Hornblende veranlasst (analog wie wir es später beim Chloritschiefer und Talkschiefer sehen werden), Mineralien welche sich sehr leicht in Zusammenhäufungen von Blättern und Blättchen ablagern.

Welche Gestalt die Oberfläche der Erde erhielt durch das Erstarren der alten Schiefergesteine, vermögen wir gegenwärtig nur noch höchst unvollkommen zu beurtheilen. Es ist wohl ausser Zweifel, dass diese erste feste Erdoberfläche keine vollkommene Ebene war. Durch den Druck des noch glühend flüssigen Erdinnern und durch die ungleichförmige Ausdehnung der erstarrten Rinde mussten sich nothwendig an vielen Stellen mehr oder weniger beträchtliche Erhabenheiten, an andern Vertiefungen bilden. Indem die erkaltende Masse durch das Festwerden sich zusammenzog, wurde sie zersprengt, zerrissen und so entstunden mehr oder weniger tiefe Einschnitte, Spalten. Es erzeugten sich also ohne Zweifel auf diesem Wege, indem die Wirkung ganz ins Grosse ging, schon Berge und Thäler. Allein jene Erhabenheiten und Vertiefungen besitzen gegenwärtig durchaus nicht mehr ihre ursprüngliche Gestalt; diese wurde bedeutend und wiederholt verändert durch spätere äusserst grossartige Umwälzungen der Erdoberfläche. Die aus den alten Schiefergesteinen gebildeten Gebirge hatten also in der ersten Zeit nach ihrer Entstehung ganz andere Formen als jene, welche wir gegenwärtig vor uns sehen.

Dritter Abschnitt.

Bildung der alten Ausbruchs-Gesteine.

Die erste feste Rinde der Erde besass noch Jahrtausende lang eine sehr hohe Temperatur, erkaltete aber immer mehr und mehr. Durch dieses Erkalten fanden immer neue Zusammenziehungen und daher immer neue Berstungen der Oberfläche statt, Bildung zahlreicher grossartiger Erdspalten. Die festgewordene Erdrinde drückte durch ihr Gewicht auf das noch geschmolzene Innere und dadurch, sowie durch den Druck von Gasen und Dämpfen, welche sich höchst wahrscheinlich bei diesen alten plutonischen Prozessen, wie bei den jetzt noch thätigen Vulkanen entwickelten, ward ein Theil der geschmolzenen Masse aus dem Erdinnern hervorgepresst, es fand ein Empor-

quellen dieser geschmolzenen Massen statt. Es ist natürlich, dass die geschmolzenen Stoffe da hervortraten, wo ihnen das geringste Hinderniss in den Weg gelegt wurde, also aus den Erdspalten, welche durch das Erstarren der Schiefergesteine gebildet worden waren.

Durch dieses Hervorquellen neuer geschmolzener Massen an die Erdoberfläche, welche dann allmählig erstarrten, entstunden neue Feuergesteine, also neue plutonische Gebilde. Da diese nicht, wie die alten Schiefergesteine durch unmittelbares Erkalten der Erdoberfläche sich erzeugten, sondern aus dem Innern emporgedrückt wurden, aus dem Innern hervorbrachen, so werden dieselben Ausbruchs-Gesteine (Eruptiv-Gesteine) genannt.

Zu diesen Ausbruchs-Gesteinen des ersten geologischen Zeitraums gehören sehr viele Granite, Syenite und ein Theil der Porphyre. — Wie bei den plutonischen Schiefergesteinen wollen wir zunächst die Merkmale, die Art des Auftretens und die Verbreitung, hierauf die geologischen Verhältnisse dieser Felsarten betrachten.

Granit.

Merkmale. — Der Granit ist ein körniges Gemeng von Feldspath, Quarz und Glimmer. — Er zeigt also ganz dieselben Bestandtheile wie der Gneiss, unterscheidet sich aber von diesem ganz besonders durch die Art, wie der Glimmer in dem Gestein vertheilt ist. Während der Glimmer in dem Gneiss zusammengehäuft und streifenweise zwischen dem Feldspath liegt, ist der Glimmer im Granit ganz unregelmässig in einzelnen Blättchen zwischen dem Feldspath und Quarz zerstreut.

Unter den drei Bestandtheilen des Granits findet man den Feldspath fast immer weit vorherrschend. Er ist meist Kali-Feldspath, doch auch nicht selten Oligoklas, bisweilen Albit. Seine Farbe ist am häufigsten weiss, oder hellroth.

Oefters kommt es vor, dass ein Granit zwei Feldspatharten zugleich und nebeneinander enthält, namentlich und am häufigsten neben Kali-Feldspath noch Oligoklas. Man unterscheidet dann den Oligoklas durch die oben Seite 8 angegebenen Merkmale, insbesondere durch die zarten Zwillingsstreifungen auf der Spaltungsfläche, durch das grössere spezifische Gewicht, durch die etwas leichtere Schmelzbarkeit, und durch den grössern Kalkgehalt. Die folgenden Kennzeichen dienen dann weiter zur Unterscheidung von Oligoklas

und Kali-Feldspath. Gewöhnlich zeigen nämlich die beiden Feldspathe verschiedene Farben. So ist namentlich der gemeine Feldspath oft hellroth und der Oligoklas weiss, gelblich oder grünlich, indem der Feldspath Eisenoxyd, der Oligoklas Eisenoxydul oder Eisenoxydhydrat enthält. Auch der Glanz beider Feldspathe zeigt sich gewöhnlich verschieden; während der gemeine Feldspath auf der Spaltungsfläche starken Perlmutterglanz besitzt, zeigt der Oligoklas mehr Wachs- oder Fettglanz.

Die Oligoklaskörner sind meistens kleiner als jene des Feldspaths. Bisweilen wird der Feldspath von einer Oligoklas-Rinde überzogen.

Der Quarz liegt fast immer in graulichen, glasglänzenden Körnern zwischen dem weissen oder rothen, fett- oder perlmutterglänzenden Feldspath und kann schon dadurch leicht von diesem letztern unterschieden werden. — Der Glimmer hat meist eine schwarze, braune oder metallweisse Farbe, ziemlich selten eine grüne, und andere Farben sind sehr selten. Er ist gewöhnlich Kali-Glimmer, bisweilen Lithon-Glimmer, öfters Talk-Glimmer.

Das körnige Gefüge erhält der Granit durch die Anordnung des Feldspathes und Quarzes. Die Körner sind unregelmässig und eckig, jene des Quarzes bisweilen rundlich und ziemlich selten liegt der Quarz in Krystallen (doppelt sechsseitigen Pyramiden) in dem Granit-Teig. Die Feldspath-Körner des Granits zeigen gewöhnlich ihre blättrige Absonderung mehr oder minder deutlich. — Die Grösse des Korns der Granite ist sehr verschieden. Am häufigsten besitzen sie ein mittleres Korn, d. h. sie enthalten Feldspath und Quarzkörner von einer Linie bis zu ein paar Linien im Durchmesser. Manchmal sind die Granite grob- oder grosskörnig, ihre Feldspath- und Quarz-Brocken erreichen einen Durchmesser von mehreren Zoll und dann enthalten sie oft grosse Glimmer-Blätter. Im entgegengesetzten Falle haben die Granite eine fein- oder kleinkörnige Absonderung, ihre Feldspath- und Quarz-Körnchen zeigen einen Durchmesser unter einer Linie.

Abarten des Granits.

Man findet öfters Granite in der Natur, die in ihren Merkmalen nicht ganz mit dem gewöhnlichen Zustand dieser Felsart übereinstimmen. Diese Abänderungen haben nicht mit Unrecht eigene Namen erhalten.

a. Porphyrartiger Granit. — Diese Benennung führt ein Granit, meist von mittlerem Korn, in dessen Grundmasse grosse Krystalle (oft Zwillinge) von Feldspath liegen. Der Feldspath derselben ist Kali-Feldspath, während sich in der Grundmasse des porphyrartigen Granits öfters Oligoklas, bisweilen Albit findet.

b. Granulit (Weissstein. Eurit. Leptinit). — Man gibt diesen Namen einem kleinkörnigen Granit, der sehr arm an Glimmer ist und auch nur wenig Quarz enthält, also fast nur aus Feldspath besteht. Die sparsam in dem Gestein zerstreuten Glimmerblättchen fehlen stellenweise auch gänzlich. — Diese Abart tritt sehr häufig gangförmig auf.

c. Schriftgranit (Pegmatit). — Der Quarz und der Feldspath dieser Granit-Abart liegen nicht in Körnern neben einander, sondern durchziehen das Gestein streifenweise, so zwar, dass die Lagen von Feldspath und Quarz einander wechselseitig bedecken. Im Querdurchschnitt lassen die Schriftgranite eine Zeichnung wahrnehmen, welche man mit den Buchstaben des hebräischen Alphabets verglichen hat, daher der Name. Der Schriftgranit enthält häufig Albit. — Meistens kommt diese Abart gangförmig vor.

d. Miaskit. — Ein grobkörniger Granit mit vorherrschendem weissem Feldspath, mit schwarzem Glimmer und statt Quarz mit derbem Nephelin (sog. Eläolith). — Bisweilen nimmt der Miaskit durch Zusammenhäufung des Glimmers gneissähnliche Structur an. — Diese Granit-Abart findet sich häufig im Ilmengebirge in Siberien, namentlich bei Miask.

e. Greisen. — Granit fast nur aus Quarz und Glimmer bestehend, also ohne oder nur mit sehr wenig Feldspath. Der Glimmer ist Lithon-Glimmer. Bis jetzt hat man diese Abart nur bei Zinnwald im Erzgebirge gefunden.

f. Gneiss-Granit (Granit-Gneiss). — Bei dieser Abänderung zeigen die Glimmer-Blättchen eine Neigung sich streifenweise aneinander zu reihen, so dass das Gestein dadurch, ohne zu einem vollständigen Gneiss zu werden, doch Aehnlichkeit mit demselben erhält. — Oft ist es nicht leicht im gegebenen Falle die Frage zu beantworten, ob dieses Gestein wirklich zum Granit und nicht eher zum Gneiss zu stellen sei? Hierüber geben dann die geologischen Verhältnisse, namentlich die Untersuchung, ob die Felsart als Ausbruchsgestein auftritt oder nicht, bessern Aufschluss als die petrographischen Merkmale.

Unbedeutende Abänderungen des Granits sind: der sog. Rapakivi, der Cornubianit, der Aplit u. s. w. — Vom Talkgranit wird später bei den metamorphischen Gesteinen die Rede sein.

Art des Auftretens der Granite im Grossen. — Der Granit setzt grosse Berge und bedeutende Gebirgszüge zusammen. Diese Berge haben verschiedenartige Gestalten. Häufig bilden sie abgerundete, lang gezogene Massen mit breiten Rücken; manchmal erscheinen sie dachförmig, mit schmalen Gebirgs-Kämmen; oder sie sehen domförmig, bisweilen kegelförmig aus. — Je heftiger die Erschütterungen waren, welche die Granitberge in spätern Zeiten erlitten, desto schroffere, zerrissenere, zackigere Gestalten besitzen dieselben und desto tiefer eingeschnittene, wildere Gebirgsabhänge und Thäler.

Statt in ganzen Bergen treten die Granite sehr häufig blos in Gängen und Stöcken auf, d. h. sie durchziehen andere Gesteine in Adern oder dringen in grössern Keilen, in ganzen Felsen in diese fremden Gesteine ein.

Die Granitfelsen zeigen in Bezug auf ihre Absonderung oder Structur grosse Aehnlichkeit mit Gneiss. Wie dieser haben sie nämlich eine plattenförmige und schalige Beschaffenheit, d. h. die Granitmassen sind in zahllose Platten abgetheilt, welche gebogen, gekrümmt übereinander liegen. Selten jedoch sind diese Platten so dünn, dass das Gestein dadurch eine schiefrige Structur erhält, wie der Gneiss. — Ausnahmsweise tritt der Granit ganz massig auf.

Verbreitung des Granits. — Der Granit ist nächst dem Gneiss die häufigste unter den alten plutonischen Felsarten. Er bildet ausgedehnte Gebirgszüge, welche sich öfters über weite Länderstrecken verbreiten. Die beachtenswerthesten Vorkommnisse sind folgende: In Deutschland im Schwarzwald, Odenwald, Fichtelgebirge, Spessart, Thüringerwald, Böhmerwald, Erzgebirge, Riesengebirge, im mährischen Gebirge, am Harz, dann in grösster Ausdehnung und Mächtigkeit in den deutschen Alpen. — In der Schweiz trifft man grosse Granitberge in den Alpen der Cantone Bern, Uri, Tessin, Bündten und Wallis, von wo sich dieselben in die benachbarten Savoyer- und östreichischen Alpen hinziehen. — In Frankreich findet sich der Granit vorzüglich in den Vogesen, in der Auvergne, im südlichen und westlichen Frankreich, in den Pyrenäen und französischen Alpen. In England kommt er beson-

ders im südwestlichen Theil des Landes, dann in Schottland und Irland vor. In Italien trifft man ihn ausser den Alpen vorzüglich in Calabrien. — Ausgedehnte Granit-Gebirge erscheinen noch: in Schweden und Norwegen, in Ungarn, Spanien, Russland, besonders am Ural und Altai, endlich in allen Welttheilen ausser Europa.

Syenit.

Merkmale. — Der Syenit ist ein körniges und blättriges Gemeng von Hornblende und Feldspath.

Die Hornblende des Gesteins hat fast immer eine schwarze Farbe; sie liegt in Blättchen zwischen dem Feldspath unregelmässig vertheilt und findet sich gewöhnlich in grosser Menge, bisweilen sogar vorherrschend. — Der Feldspath ist in der Regel Kali-Feldspath, meist weiss, bisweilen hellroth, blättrig und körnig und liegt gewöhnlich frei neben der schwarzen Hornblende. Er bildet meistens die Hauptmasse der Felsart. — Man findet auch klinorhomboidische Feldspathe im Syenit, namentlich Albit und bisweilen enthält er auch Oligoklas, der sich dann durch die beim Granit angeführten Merkmale unterscheiden lässt. — Diese drei Feldspathe kommen entweder jeder einzeln und für sich allein, so namentlich Kali-Feldspath und Albit, im Syenite vor oder es liegen auch zwei derselben, vielleicht alle drei, nebeneinander im Gestein. Als zufällige Einmengung nimmt der Syenit bisweilen noch Glimmer und Quarz auf.

Die meisten Geologen unterscheiden vom Syenit als eigene Felsart den Diorit. Dieser soll sich dadurch vom Syenit wesentlich unterscheiden, dass sein feldspathiger Bestandtheil immer Albit ist. — Allein neuere Beobachtungen zeigen, dass die Art des Feldspaths in sog. Feldspath-Gesteinen nicht als unterscheidendes, charakteristisches Merkmal dienen kann. Sehr häufig kommen nämlich in den hieher gehörigen Felsarten mehrere Feldspathe vor, theils sich wechselweise vertretend, theils in verschiedener Menge nebeneinander liegend, wie z. B. in den Graniten Kali-Feldspath, Albit und Oligoklas. Je nach ihrem Gehalt an diesem oder jenem feldspathigen Bestandtheil trennt man doch mit Recht die Granite nicht von einander, sondern sieht sie blos als Abänderungen einer und derselben Gebirgsart an. — Das eigentlich bezeichnende Merkmal des Syenits wie des Diorits ist ein und dasselbe, nämlich sein reich-

licher Gehalt an Hornblende, der Umstand, dass diese und der feldspathige Bestandtheil getrennt neben einander liegen, also nicht zum homogenen Ganzen verschmolzen, sondern deutlich sichtbar sind, endlich die körnige Structur des Gesteines. (Siehe auch den Artikel Aphanit.)

Als Abart des Syenits ist der Kugel-Syenit (Kugel-Diorit) aus Korsika zu betrachten. Dort finden sich in einem Gebirgs-Gestein, welches aus einem körnigen Gemeng von Hornblende mit einem klinorhomboidischen Feldspath besteht, kugelige Absonderungen bis zu ein paar Zoll im Durchmesser. Diese Kugeln bestehen aus abwechselnden concentrischen Lagen von schwärzlich-grüner Hornblende und einem klinorhomboidischen Feldspath, welcher nach Delesse mit Anorthit am meisten übereinstimmt, nach Rammelsberg Labrador ist. Die Kugeln haben zugleich eine strahlig-stängliche Absonderung. Ihr Feldspath ist weiss.

Bisweilen werden Syenite von schiefriger und von porphyrartiger Structur als besondere Gesteins-Abänderungen unter dem Namen Syenit-Schiefer und Syenit-Porphyr betrachtet.

Art des Auftretens im Grossen. — Der Syenit bildet häufig ganze Berge, welche meistens steile schroffe Gestalten zeigen. — Weit häufiger als in ganzen Bergen tritt er in blossen Gängen und Stöcken auf.

Die Absonderung der Syenite ist theils schiefrig, plattenförmig und schalig, theils ganz massig.

Verbreitung. — Diese Felsart kommt zwar häufig in der Natur vor, doch bei weitem nicht in der Ausdehnung wie der Granit. Man findet Syenit in Deutschland im Schwarzwald, Odenwald, Thüringerwald, im Erzgebirge, in Mähren und Tyrol. Ferner in Frankreich, England, in Ungarn, Schweden und Norwegen, Schottland, am Ural, in Nordamerika u. s. w.

Feldstein-Porphyr (Eurit. Eurit-Porphyr).

Merkmale. — Dieses Gestein besteht aus einer dichten Grundmasse, aus einem Teig von Feldstein, mit einzelnen Krystallen oder Körnern von Feldspath.

Der Teig von Feldstein, welcher sich durch seine dichte Beschaffenheit von der körnigen Grundmasse der Granite sehr gut unterscheidet, besitzt verschiedenartige Farben. Sehr häufig ist er

hellroth bis braunroth durch Eisenoxyd, manchmal ins Violette stechend; dann oft grau und grünlich-grau in mehrfachen Abstufungen durch Eisenoxydul, weit seltner schmutzig weiss. — Die Feldspath-Krystalle, welche in der Grundmasse liegen, sind bald nur einige Linien bald zollgross, bald häufig, bald sehr sparsam, ja bisweilen fehlen sie stellenweise auch ganz. Sie haben gewöhnlich eine weisse oder hellrothe Farbe. Sie bestehen theils aus Kali-Feldspath, theils aus Oligoklas, vielleicht auch aus Albit. Die Grundmasse selbst scheint ebenfalls nicht immer blos Kali-Feldspath zu enthalten, sondern manchmal und mit diesem zusammengeschmolzen auch Natron- oder Kalk-Feldspath.

Die Feldstein-Porphyre nehmen öfters Quarz in beträchtlicher Menge auf, welcher mit dem Feldstein zur gleichartigen Masse zusammenschmolz. Das Gestein erhält dadurch eine harte, hornsteinartige Beschaffenheit und führt dann auch wohl den Namen Hornstein-Porphyr. Diese Hornstein-Porphyre halten gewöhnlich nur sehr sparsam Feldspath-Krystalle oder gar keine.

Durch Verwittern wandeln sich die Feldstein-Porphyre in glanzlose, erdige, aber dabei doch harte thonsteinartige Massen um.

Die Thonstein-Porphyre. — Diese Gesteine unterscheiden sich von den eigentlichen Thonen und von den Hornsteinen durch Schmelzbarkeit am Löthrohr.

Biweilen mengen sich dem Porphyr Glimmer-Blättchen bei. Kommen dann noch Quarzkörner hinzu, so erhält das Gestein viele Aehnlichkeit mit Granit. Es kann aber von diesem unterschieden werden durch die dichte, nicht körnige Beschaffenheit der Feldstein-Grundmasse.

Art des Auftretens im Grossen. — Der Feldstein-Porphyr bildet nicht häufig ganze Berge von beträchtlicher Höhe und Ausdehnung, um so weniger also ganze Gebirgszüge. — Die Porphyr-Berge zeichnen sich fast immer durch schroffe steile Formen aus; sie bilden häufig spitze Kegel und glocken- oder domförmige Gestalten.

Bei weitem am häufigsten tritt diese Felsart gangförmig und besonders oft in mächtigen Gängen, in Porphyr-Stöcken auf. Diese letztern ragen häufig in steilen Felsen aus der Mitte anderer Gesteine hervor.

Die Feldstein-Porphyre zeigen gewöhnlich eine plattenförmige und dann öfters schalige Absonderung. Manchmal erscheinen sie auch ganz massig.

Verbreitung. — Diese Felsart ist zwar ein häufiges Gestein, das aber doch bei weitem nicht in der ausgedehnten Verbreitung auftritt, wie der Granit. Feldstein-Porphyr findet sich: In Deutschland im Schwarzwald, Thüringerwald, in der Gegend von Freiberg in Sachsen, im sächsischen und böhmischen Erzgebirge, im Riesengebirge und am Harz. — In der Schweiz besonders in den Bündtner und Walliser Alpen, dann im Berner Oberland. — In Frankreich namentlich in den Vogesen. — In England vorzüglich in den Grafschaften Cornwall und Cumberland, dann in Schottland und Irland. — Ferner in Schweden und Norwegen; endlich ausser Europa in Nord- und Süd-Amerika, in Aegypten und am Altai.

(Der Feldstein-Porphyr ist nicht zu verwechseln mit dem Quarz-Porphyr, welcher vorzugsweise dem zweiten geologischen Zeitraum angehört.)

Geologische Verhältnisse der alten Ausbruchs-Gesteine.

1. Beweise für ihre plutonische Bildung.

Die Thatsachen, welche überhaupt für die Erzeugung eines Gesteins durch die Wirkung der Hitze angeführt werden können, sprechen auch für die Bildung des Granits, Syenits und Feldstein-Porphyrs auf plutonischem Wege. Dahin gehören die Bestandtheile, die Mineralien, dieser Gesteine, welche wesentlich verschieden sind von jenen der unzweifelhaft aus Wasser abgelagerten Felsarten; die eigene, von jener der neptunischen Gebilde ganz verschiedene Art des Auftretens im Grossen, der Mangel an wahrer Schichtung, d. h. die nur plattenförmige und schaalige oder ganz massige Absonderung, das Fehlen aller Zwischenlager von Lehm, Mergel, Sand und Geröllen in jenen Gesteinen, endlich ihr gänzlicher Mangel an organischen Resten, an Versteinerungen.

Man hat ferner beobachtet, dass verschiedene Gesteine, insbesondere Thonschiefer und Kalksteine, da wo sie in Berührung oder in der Nähe plutonischer Felsarten, namentlich der Granite und Porphyre auftreten, Umwandlungen (Metamorphosen) erlitten haben, welche man nur durch eine Wirkung der Hitze erklären zu können glaubte. Hierin wurde dann ein weiterer Beweis für die plutonische Bildung der Granite und Porphyre gefunden, denen man die Entwicklung dieser Hitze zuschrieb. — In der neuesten Zeit sind jedoch,

besonders durch G. Bischof und Senarmont, Thatsachen bekannt geworden, aus welchen hervorgeht, dass viele dieser Umwandlungen sich auch sehr gut durch die Wirkung des Wassers erklären lassen. Dadurch hat der Schluss, Granite und Porphyre müssen plutonische Gebilde sein, weil sie solche Umwandlungen hervorgebracht haben, seine frühere Beweiskraft verloren.

Ebenso kann jetzt die Beobachtung, dass Hauptbestandtheile der Ausbruchsgesteine, namentlich Feldspath und Glimmer, künstlich bei Hütten-Prozessen erzeugt wurden, nicht mehr als entscheidender Beweis für die plutonische Entstehung dieser Mineralien angesehen werden, da man auch unzweifelhafte Fälle von Feldspath- und Glimmer-Bildung unter Mitwirkung des Wassers kennt.

Gegen die Thatsache, dass die Ausbruchs-Gesteine Erzeugnisse der Hitze, also plutonische Gebilde sind, und für die Ansicht, dieselben seien Absätze aus Wasser oder wenigstens vorzüglich durch Mitwirkung des Wassers gebildet worden, also neptunischer Entstehung, hat man unter Anderm die Beobachtung angeführt, dass die Feldspathe (die vorwaltenden Bestandtheile dieser Gesteine), öfters kleine Beimischungen, nicht blos von hygroscopischem, sondern von chemisch gebundenem Wasser enthalten.

Gegen diese Annahme lassen sich verschiedene triftige Bemerkungen machen. Der Wassergehalt der Feldspathe ist nämlich äusserst gering und gibt daher schon desshalb zu der Meinung Anlass, er sei erst später durch anfangende Zersetzung des ursprünglich auf plutonischem Wege gebildeten Minerals aufgenommen worden. So beträgt dieser Wassergehalt des Feldspaths in den Graniten nach Delesse nur einige Tausendstel oder fehlt auch gänzlich. Etwas grösser, aber immer noch sehr gering, ungefähr 0,013—0,025, ist er in Syeniten und Porphyren. Selbst in einem Oligoklas, der pseudomorphisch gebildeten Talk enthielt, betrug er nur einige Tausendstel. Im Allgemeinen sind die klinorhomboidischen Feldspathe, wenn auch immer sehr wasserarm, doch die wasserreichsten. Der Umstand, dass sich dieses wenige Wasser erst in der Glühhitze austreiben lässt und bei 100° noch nicht entweicht, gibt keinen strengen Beweis, dass es nicht im hygroscopischen, sondern im chemisch gebundenen Zustande in dem Gestein enthalten sei. Rammelsberg bemerkt mit Recht, das Wasser, welches eine Temperatur von 100° nicht austreibt, könne nicht ohne weiteres als chemisch gebundenes betrachtet werden. Die Adhäsion des

hygroscopischen Wassers könne so gross sein, dass es zu seiner Entfernung eine sehr hohe Temperatur erfordert, wenn es von einem Mineral aufgenommen wird, das in Folge von Zersetzung sehr porös wurde. — Man kann daher diesen geringen Wassergehalt als erst später von dem ursprünglich wasserfreien Feldspath aufgenommen betrachten. Dies darf um so eher geschehen, da die wasserhaltigen Feldspathe etwas verschiedene Merkmale von den wasserfreien zeigen. Die ersteren sind nämlich nicht mehr durchscheinend, sie haben Fett oder Wachsglanz, sie sind weniger leicht spaltbar und werden von Säuren etwas angegriffen.

Wollte man aber auch behaupten, das Wasser habe bei der Bildung der alten Ausbruchsgesteine mitgewirkt, so könnte leicht angenommen werden, dasselbe sei noch in Dampfgestalt gewesen, die Dämpfe hätten sich während des Erkaltens der plutonischen Gesteine, vielleicht unter grossem Druck, zu verdichten angefangen und dadurch sei eine geringe Menge Wasser von den Mineralien des Ausbruchsgesteins aufgenommen worden. Es würde dieser geringe Wassergehalt dann nur die Meinung unterstützen, dass jene Gesteine erst am Ende der ersten Periode gebildet wurden, als schon etwas Wasser sich im flüssigen Zustande auf unserer Erde zu verdichten anfing. — Auch die Laven enthalten etwas Wasser und doch kann Niemand zweifeln, dass sie ursprünglich Produkte einer Hitze sind, welche 100° weit überstieg. Sie nahmen dieses Wasser erst während des Erkaltens und zum Theil noch später auf.

2. Beweise für das geologische Alter der alten Ausbruchsgesteine.

A. Geologisches Alter der ältern Granite. — Zum Belege darüber, dass sie schon in den ersten Zeiten der Erdbildung entstunden, noch ehe die Erdoberfläche so weit erkaltet war, dass lebende Wesen auf ihr erscheinen konnten, dienen vorzüglich die folgenden Thatsachen:

a. Die ältesten Gesteine, welche sich aus Wasser absetzten und in denen man die ersten Reste von lebenden Geschöpfen findet, die Gesteine des sog. Uebergangs-Gebirges, ruhen häufig auf Granit.

b. Man findet in diesen Gesteinen des Uebergangsgebirges sehr häufig abgerundete Bruchstücke, Gerölle von Granit und zwar Bruchstücke der verschiedenartigsten Granit-Abänderungen, grob-

körnige, feinkörnige und porphyrartige, dann Granite mit weissem und rothem Feldspath und mit den verschiedensten Abänderungen von Glimmer. — Es geht hieraus unzweifelhaft hervor, dass die Granite schon vorhanden und schon vollkommen erstarrt waren, als die grosse Strömung erfolgte, welche die Gerölle des Uebergangs-Gebirges zusammenschwemmte. Es geht ferner hieraus hervor, dass zur Zeit der Bildung des Uebergangs-Gebirges schon die mannigfaltigsten Granit-Abänderungen existirten. — Wir sind daher vollkommen berechtigt, wenigstens einen Theil der Granite zu den ganz alten, dem ersten Zeitraum der Erdbildung angehörenden Gesteinen zu rechnen.

c. Eben so wenig als an dieser Thatsache dürfen wir daran zweifeln, dass die Granite erst gebildet wurden, nachdem die alten plutonischen Schiefergesteine schon vorhanden waren, dass also die Granite jüngere plutonische Erzeugnisse sind als diese. Man sieht nämlich häufig den Granit gangförmig in jene Gesteine eindringen und es gehört insbesondere bei dem Gneiss zu den ganz gewöhnlichen Erscheinungen, dass dieses Gestein von Granitadern durchzogen oder von ganzen Felsmassen, von Granitstöcken durchbrochen wird. Dieser Gang-Granit besitzt die mannigfaltigste mineralogische Beschaffenheit, ist bald fein- bald grob- bald gross-körnig und stimmt öfters vollkommen mit jenem überein, der sich unter den Geröllen des Uebergangs-Gebirges findet. Diese letztere Thatsache zeigt, dass auch die ganz alten Granite jünger sind als die Gneisse.

d. Bisweilen findet man im Granit Einschlüsse von Gneiss und solche sowohl im Gang-Granit, als im Gebirgs-Granit. Diese Gneiss-Einschlüsse liegen in grössern oder kleinern eckigen Brocken mitten im Granit und ganz umgeben von demselben. Der Gneiss musste also bereits als vollkommen ausgebildetes, festes Gestein vorhanden gewesen sein, als der Ausbruch des Granits stattfand, welcher Bruchstücke von Gneiss fortriss und in die noch weiche Granit-Masse einschloss.

(Gneiss-Einschlüsse dürfen nicht verwechselt werden mit blossen Zusammenhäufungen von Glimmer, die nicht selten im Granit vorkommen.)

Nicht alle alten Granite entstunden in der gleichen Zeit. Nachdem ein Theil derselben schon gebildet war, fanden abermalige Ausbrüche neuer, jüngerer Granite statt. Man muss diess daraus schliessen, dass man nicht selten Granit-Gänge im Granit

wahrnimmt. Solche Gänge bildet besonders häufig kleinkörniger Granit im grobkörnigen Gebirgs-Granit. — Da die kleinkörnigen Granite dieser Gänge auch unter den Geröllen des Uebergangs-Gebirges gefunden werden, so ergibt sich, dass der Ausbruch dieser jüngern, gangförmig im Gebirgs-Granit erscheinenden Granite noch im ersten geologischen Zeitraum erfolgte, dass also diese kleinkörnigen Gang-Granite noch zu den alten plutonischen Gesteinen gehören.

Wir werden sehen, dass auch noch später, besonders in der zweiten Periode der Erdbildung, sehr mächtige, grossartige Granit-Durchbrüche stattfanden. Man muss also in der Geologie Granite von sehr verschiedenem Alter unterscheiden.

B. Geologisches Alter der Syenite. — Ueber die Alters-Verhältnisse des Syenits gibt besonders die Thatsache Aufschluss, dass der Syenit sehr häufig Gänge im Gneiss, bisweilen im Glimmerschiefer bildet, woraus hervorgeht, dass er jünger ist als diese Gesteine. — Die Entstehung vieler Syenite noch im ersten Zeitraum der Erdbildung, bald nach dem Erkalten der ältesten Erdrinde, lässt sich daraus folgern, dass Gänge von Granit, der in seinen äussern Merkmalen öfters mit den alten Graniten übereinstimmt, nicht selten den Syenit durchsetzen. (Schwarzwald, Odenwald, Thüringerwald.) Hieraus geht hervor, dass viele Syenite nicht nur gleichzeitig mit den alten Graniten gebildet wurden, sondern sogar noch älter sind als manche derselben.

Die Erzeugung des Syenits beschränkte sich nicht auf den ersten geologischen Zeitraum. Man kennt mehrere Fälle, wo dieses Gestein Gänge im sog. Uebergangs-Gebirge, einer Ablagerung des zweiten geologischen Zeitraums, bildet, so dass man also auch jüngere Syenite wie jüngere Granite annehmen muss.

C. Geologisches Alter der Feldstein-Porphyre. — Ausbrüche dieser Gesteine fanden theils im ersten, theils im zweiten geologischen Zeitraum statt, ob noch später ist zweifelhaft. — Beweise der Bildung vieler Feldstein-Porphyre im ersten Zeitraum gewähren folgende Thatsachen. Das Uebergangsgebirge, die älteste Ablagerung der zweiten Periode, ruht in manchen Gegenden auf Feldstein-Porphyren, und man trifft Gerölle dieser Porphyre in den Conglomeraten des Uebergangsgebirges an, zum klaren Belege dafür, dass jene Porphyre schon gebil-

det waren ehe die ältesten Gesteine des zweiten Zeitraums entstunden. (Schwarzwald.)

Die Ausbrüche der alten Porphyre fanden wie jene der Granite statt, nachdem die plutonischen Schiefergesteine, insbesondere die Gneisse und Glimmerschiefer, schon gebildet waren. Die alten Feldstein-Porphyre sind also jünger als diese Felsarten. Die unzweifelhaftesten Belege hiefür liefern Gänge von altem, meist grauem Feldstein-Porphyr, welche nicht selten in den Gneiss und Glimmer-Schiefer eindringen. (Schwarzwald, Sachsen, Erzgebirge, Vogesen, Schweden und Norwegen.)

Die Alters-Verhältnisse der ältern Porphyre in Beziehung zu den alten Graniten und Syeniten verdienen noch eine nähere Untersuchung.

3. Geologische Ereignisse bei der Bildung der alten Ausbruchs-Gesteine.

Die Thatsachen, aus welchen wir mit Sicherheit schliessen dürfen, dass noch vor Entstehung der ältesten Gesteine des zweiten Zeitraums, also in der ersten Periode der Erdbildung, grosse Ausbrüche plutonischer Massen aus dem Erdinnern stattfanden, zeigen uns, dass bald nach dem Erstarren der Erdrinde bedeutende Bewegungen in der Tiefe erfolgten, welche so wesentlichen Einfluss auf die Oberfläche äusserten, dass schon in dieser uralten Zeit die ursprüngliche Gestalt unseres Planeten verändert wurde.

Die Ausbrüche der alten plutonischen Gebilde geschahen theils in sehr grossartigem Maassstab, so zwar, dass diese Feuerprodukte ganze Gebirge erzeugten, theils mehr im Kleinen, so dass dadurch Stöcke und Gänge entstunden. Besonders grossartige Ausbrüche hatte die Bildung der Granite zur Folge.

Die hervorgequollenen Massen von Granit, Syenit und Porphyr waren nicht dünnflüssig geschmolzen, nicht lavaartig, sondern ein dicker, zäher Teig. Diess geht daraus hervor, dass sie nicht in Strömen überflossen und dass keine Schlackenbildung stattfand. Sie erkalteten auf der noch sehr heissen Erde ganz langsam und nahmen daher an ihrer Oberfläche keine glasartige Beschaffenheit an.

Die plattenförmige und schalige Absonderung war die Folge des langsamen Erstarrens der geschmolzenen Massen, ganz wie bei der Bildung des Gneisses. — Durch das Erkalten der alten Aus-

bruchsgesteine fanden ferner ganz grossartige Zerspaltungen statt und dadurch entstunden, besonders im Granit-Gebiete, tiefe Schluchten und ganze Thäler (Spaltungs-Thäler).

Schon durch den ungleichen Druck auf die geschmolzenen Massen in der Tiefe mussten diese zu sehr verschiedener Höhe über die Erdoberfläche empor gepresst werden. Dadurch bildeten sich sehr unregelmässige Erhöhungen aus plutonischen Ausbruchsgesteinen, es erhoben sich nicht nur einzelne Felsmassen, sondern ganze Berge derselben und diese erhielten schon durch jenen ungleichförmigen Druck sehr verschiedenartige, äussere Gestalten. Die Granit-, Syenit- und Porphyr-Berge erreichten aber bei dieser ersten Bildung bei weitem noch nicht die Höhe und Ausdehnung, in welchen wir dieselben jetzt vor uns sehen. Es haben nämlich diese Berge später, nachdem sie längst erkaltet waren (ähnlich jenen der alten Schiefergesteine), wiederholte Hebungen und Erschütterungen erlitten, wodurch eine gänzliche Veränderung ihrer Höhe und Gestalt bewirkt wurde.

Die grossen Durchbrüche von Granit im Gneiss-Gebiete drückten die Gneiss-Massen von ihrem Platze, hoben sie zu weit grössern Höhen empor und trennten ihren frühern Zusammenhang. So kommt es, dass man nicht selten mitten im Granit-Gebiete und oft hoch oben auf Granitbergen ganz vereinzelte Gneiss-Massen, sog. Gneiss-Schollen, häufig in ziemlicher Entfernung von zusammenhängenden Gneiss-Gebirgen antrifft. Der Durchbruch der Granite in den nächsten Umgebungen des Gneisses hatte die natürliche Folge, dass dieses Gestein äusserst häufig von Granit-Stöcken und Gängen durchsetzt wurde; wo sich eine Spalte darbot, und wo also kein zu grosser Widerstand entgegen wirkte, drang der Granit in den Gneiss ein.

Nachdem schon ein grosser Theil der Granite gebildet war, trat noch keine Ruhe im glühenden Erdinnern ein; immer quollen wieder neue Granite hervor. Diese bildeten theils Granit-Gänge, sowohl im Granit selbst als in andern alten Gesteinen, theils brachen sie auch in grössern Massen durch. Wir haben bereits früher gehört, dass sogar noch Bildung von Graniten erfolgte, nachdem die Erdoberfläche so weit erkaltet war, dass lebende Geschöpfe auftreten konnten.

Diese immer wiederholten Bewegungen im Innern der Erde fanden gerade da statt, wo schon die ältern Granite durchgebrochen

waren, wo der Weg schon gebahnt war für neue Durchbrüche, wie auch bei den jetzigen Vulkanen die neuen Ausbrüche immer wieder in derselben Gegend erfolgen. Dadurch traten grosse, äusserst heftige Erschütterungen der schon vorhandenen erstarrten Granitmassen ein und diese hatten eine Zertrümmerung der Granitfelsen zur Folge.

Die Zertrümmerung geschah, wenn die Durchbrüche bedeutend und die Erschütterungen sehr heftig waren, nicht selten in grossartigster Weisse, so dass ungeheure Massen von Felsblöcken über die Granitberge umher gestreut wurden. Die Felstrümmer bedecken manchmal die Granitberge auf weite Erstreckungen; wild und malerisch über einander gethürmt, stürzen die Blöcke von den Granithöhen in die Thäler, und die Masse der Trümmer ist oft so ausserordentlich, dass sie über alle Höhen und Abhänge hin, Block an Block auf und durcheinander liegen. Die Gegenden, wo diese grossartigen Naturerscheinungen stattfanden, bieten den Anblick der entsetzlichsten Verwüstung, der traurigsten Verödung dar. — Man hat diese Erscheinung der zerstreuten Granitblöcke auf den Granitbergen die Bildung der Felsenmeere oder Teufelsmühlen genannt.

Zweiter Zeitraum.

Bildung der alten neptunischen Ablagerungen und der meisten jüngern plutonischen Gesteine.

Die erste geologische Periode schliesst mit dem Zeitpunkt, in welchem die Erdoberfläche anfing so weit zu erkalten, dass flüssiges Wasser auf derselben sich niederschlagen konnte. Aus diesem Wasser, dem ersten urweltlichen Meere, lagerten sich bald Gesteine ab und es entwickelte sich in jenem Meere das erste Leben. Durch dieses erste Auftreten des Lebens auf der Erde und durch die Bildung der ersten aus Wasser abgesetzten Gesteine ist der zweite Zeitraum der Geologie vorzüglich characterisirt. In dieser Periode fanden ferner sehr häufige und grossartige Durchbrüche jüngerer plutonischer Massen statt. — Man kann daher die geologischen Ereignisse dieses Zeitraums in zwei Abtheilungen bringen. Die erste

Abtheilung bilden die Absätze aus Wasser oder die neptunischen Ablagerungen und die zweite die Feuer-Erzeugnisse, die jüngern plutonischen Gebilde.

I. Neptunische Ablagerungen des zweiten Zeitraums.

Paläozoische Gebilde.

Das Wasser, welches früher die Erdkugel nur in dicken Dampfwolken umgab, verdichtete sich mit dem Beginn der zweiten geologischen Periode. Es bedeckte bald fast die ganze Erde als ein ungeheures urweltliches Meer. Aus dieser allgemeinen Meeresbedeckung ragten noch keine grossen Continente, sondern nur einzelne sumpfige Inseln hervor. Den Beleg hierüber liefert die Beschaffenheit der ältesten urweltlichen Pflanzen und Thiere. Die Flora dieses Zeitraums besteht zum grössten Theil aus Sumpf-Gewächsen, ähnlich jenen der sumpfigen Inseln der Südsee; Pflanzen des trockenen Landes erscheinen nur in sehr geringer Anzahl. Alle Thiere dieser Periode sind Seegeschöpfe (Meeres-Bewohner), vielleicht mit einziger Ausnahme von ein paar seltenen Sumpf-Muscheln; von Landthieren zeigt sich noch keine Spur.

Dieses grosse urweltliche Meer setzte nach und nach beträchtliche Massen von Gesteinen ab, in solcher Ausdehnung und Mächtigkeit, dass diese jetzt, nach dem Rückzuge des Meeres, ganze Berge und Gebirgszüge bilden.

Die ältesten neptunischen Gebilde wurden, wie diess überhaupt bei den Ablagerungen aus Wasser der Fall ist, in regelmässiger Aufeinanderfolge erzeugt. Diese Reihenfolge gestattet in dem zweiten Zeitraum naturgemässe Abschnitte zu unterscheiden. — Diese Abschnitte sind ganz vorzugsweise durch das Auftreten eigenthümlicher lebender Geschöpfe bezeichnet. Die Pflanzen und Thiere, welche während dieser Periode lebten und womit überhaupt das Leben auf unserem Planeten begann, existirten nur während dieser Zeit und später nicht mehr, so zwar, dass der zweite Zeitraum sich durch eine ganz eigene, von allen spätern verschiedene Flora und Fauna unterscheidet. Da also auch die ältesten Thiere in diesen ersten ältesten neptunischen Ablagerungen vorkommen, so hat Murchison, welcher die Fauna derselben sorgfältig untersuchte, diesen Ablagerungen die Benennung paläozoische Gebilde gegeben.

Jene Flora und Fauna zeigte indessen in verschiedenen Zeiten der ganzen Periode einzelne Abweichungen, so dass gewisse Pflanzen und Thiere in der einen Zeit häufiger als in der andern erschienen oder auch wohl ausschliesslich auftraten und wieder verschwanden. Durch diese Abänderungen in der Pflanzen- und Thierwelt, deren allgemeiner Charakter sich aber, wie gesagt, während der ganzen Periode im Wesentlichen gleich blieb, werden wir zu dem Schlusse geführt, dass lange Zeiten vorüber gegangen sein mussten, bis diese neuen Geschöpfe gebildet und wieder vertilgt werden konnten. So ist uns gestattet drei Abschnitte in dem zweiten geologischen Zeitraum zu unterscheiden. Die neptunischen Ablagerungen, welche sich während dieser Abschnitte bildeten, und dieselben bezeichnen, sind folgende, nach ihrem Alter geordnet, in der Weise, dass die Reihe mit der ältesten Ablagerung beginnt:

1. Das Uebergangs-Gebirge.
2. Das Steinkohlen-Gebirge.
3. Die permischen Gebilde.

Betrachten wir jetzt die Merkmale dieser Ablagerungen und die Beschaffenheit des Lebens auf der Erde zur Zeit als dieselben gebildet wurden.

Erster Abschnitt.

Uebergangs-Gebirge.

Nach Murchison, welchem wir die genauesten Untersuchungen des Uebergangs-Gebirges verdanken, zerfällt dasselbe in zwei Gruppen, die silurische (benannt nach dem Vorkommen im Lande der alten Siluren in England) und die devonische (von ihrer Verbreitung in der Grafschaft Devonshire so genannt). — Früher wurde noch eine dritte Gruppe, die cambrische, unterschieden, deren Eigenthümlichkeit sich aber nicht bestätigt hat.

Wir wollen nun zuerst einige allgemeine Betrachtungen über das Uebergangs-Gebirge anstellen und hierauf die Spezial-Geschichte desselben etwas näher kennen lernen. Dabei richten wir (wie in dem ganzen Buche) unser Hauptaugenmerk auf Deutschland.

Das Uebergangs-Gebirge im Allgemeinen.

Gesteins-Beschaffenheit.

Die Felsarten des Uebergangsgebirges erscheinen in verschiedenen Ländern, je nachdem dieses oder jenes Localverhältniss bei

ihrer Bildung einwirkte, mit verschiedenen petrographischen Charakteren, d. h. mit Gesteinen von verschiedenartiger mineralogischer Beschaffenheit. Es lässt sich daher keine allgemein gültige Beschreibung dieser Gesteine geben. Dies ist überhaupt bei den neptunischen Ablagerungen der verschiedenen Zeiträume der Fall*. — Indessen kann doch wenigstens ein allgemeines Bild der im Uebergangsgebirge am häufigsten auftretenden Gebirgsarten gegeben werden, wenn man auch darauf verzichten muss, dasselbe auf eine bestimmte Gegend anzuwenden.

Diese Gesteinsverschiedenheit findet auch in der Lagerungsfolge der Felsarten statt, so dass die nun anzuführende Reihe bei weitem nicht überall die gleiche ist, sondern diese Gesteine je nach verschiedenen Ländern auch in verschiedener Weise übereinander liegen.

Im Allgemeinen beobachtet man im Uebergangsgebirge, mag dieses nun der silurischen oder devonischen Abtheilung angehören, im Wesentlichen dieselben Felsarten. Die beiden Abtheilungen dieses Gebirges unterscheiden sich durchaus nicht durch eine verschiedene Beschaffenheit ihrer Gesteine, sondern nur durch die Verschiedenheit ihrer organischen Reste, ihrer Flora und Fauna.

Häufig treten im Uebergangsgebirge beträchtliche Lager von Thonschiefer auf, welche nicht selten zu unterst liegen und dann das älteste neptunische Gebilde sind. Gewöhnlich enthalten sie keine organischen Reste, keine Versteinerungen und sind dann wohl auch unter dem Namen Urthonschiefer (azoisches System) beschrieben worden. — Die Thonschieferlager wiederholen sich öfters nach oben und wechseln dann mit den andern Uebergangsgesteinen. Diese Schiefer halten Versteinerungen, Pflanzen oder Thier-Reste. — Manchmal wurden blosse erdige Thone abgelagert, die nicht zu Thon-Schiefern erhärtet sind. — Ausser den Thon-Schiefern findet man oft hellfarbigere, etwas sandige oder feldsteinartige Gesteine,

* Wie schon früher bemerkt wurde, bilden die in denselben enthaltenen Versteinerungen den vorzüglichsten Haltpunkt für ihr Alter und Schichten der verschiedensten Localitäten, wenn sie nur in ihren Versteinerungen übereinstimmen, gelten bei der grössten petrographischen Verschiedenheit für gleich alt oder man sagt von ihnen sie gehören einem und demselben Horizonte oder einem und demselben Stockwerke (Etage) an. Die Felsarten eines Horizontes, insofern sie an verschiedenen Localitäten nicht dieselben sind, nennt man dann verschiedene Äquivalente oder Facies einer Etage.

die sog. Grauwacke, der man, wenn sie eine dickschieferige Structur besitzt, die Benennung Grauwacke-Schiefer zu geben pflegt und welche das Product der Zerstörung älterer plutonischer Felsarten, der Zerreibung ihrer nähern Bestandtheile durch Strömungen zu sein scheint. — Bisweilen treten neben diesen Grauwacke-Gesteinen wirkliche Quarzsandsteine auf, in denen sich auch wohl grössere compakte Quarzmassen, Quarzfels oder sog. Quarzite finden. Diese liegen zwischen oder über den Sandsteinen und da sie schwer verwittern, ragen sie öfters in Zacken oder Felskämmen aus den übrigen Gesteinen hervor. — Zwischen den Schiefern und Sandsteinen findet man hier und da kleinere, ausnahmsweise grössere bauwürdige Anthrazit-Lager. — Sehr häufig kommen mit diesen Gesteinen Ablagerungen von Strömungs-Conglomeraten vor, deren runde Bruchstücke, Gerölle von sehr verschiedener Grösse, aus der Zertrümmerung theils von plutonischen Gesteinen (Granit, Gneiss, Feldsteinporphyr u. s. w.), theils von Felsarten des Uebergangsgebirges (Thonschiefer, Grauwacke u. s. w.) hervorgingen und welchen man die Benennung Grauwacke- oder Uebergangs-Conglomerate gegeben hat. — Endlich zeigen sich als Bestandtheile des Uebergangsgebirges häufig und nicht selten von ziemlich bedeutender Mächtigkeit und reich an Versteinerungen Kalkstein-Lager, denen sich da und dort Mergel und Dolomite, ausnahmsweise Gypsstöcke beigesellen.

Die Felsarten des Uebergangsgebirges treten kaum je alle zugleich in derselben Localität auf; meistens liegen in einer Gegend nur wenige übereinander, manchmal ist sogar nur eine einzige entwickelt. Häufig finden sie sich über grosse Länderstrecken verbreitet und sie besitzen öfters so bedeutende Mächtigkeit, dass sie grössere Berge bilden. Eine ganz gewöhnliche Erscheinung in diesen Gebirgen sind auffallende Metamorphosen, zumal der Thonschiefer, welche dadurch zu kieseligen oder feldspathreichen, harten, dickschieferigen Gesteinen, oft zu wahrem Kieselschiefer umgebildet wurden, so wie beträchtliche Hebungen und Dislocationen der Uebergangs-Gesteine.

Verbreitung des Uebergangs-Gebirges.

Ausser in Deutschland, wovon noch besonders die Rede sein soll, findet sich das Uebergangs-Gebirge und zwar theils das silurische, theils das devonische oder beide: In Frankreich, vorzüg-

lich in den Vogesen, in der ehemaligen Normandie, Bretagne und im Boulonnais, an der untern Loire u. s. w.; in England: in den Grafschaften Wales, Shropshire und Herefordshire, in Devonshire, dann in Schottland u. s. w.; in Belgien, in Schweden, in Russland, in Spanien (Asturien) u. s. w. Ausser Europa kommt es in grosser Ausdehnung in Nordamerika vor; dann findet es sich in Afrika und in Australien. — Den Gliedern sowohl des silurischen als devonischen Uebergangs-Gebirges hat man in verschiedenen Ländern verschiedene Namen gegeben. Diese haben jedoch nur Gültigkeit für gewisse einzelne Localitäten. Das Uebergangsgebirge tritt nämlich, wie schon oben bemerkt, nicht ganz mit den nämlichen petrographischen und paläontologischen Merkmalen auf; mit andern Worten es ist in verschiedenen Gegenden nicht so gleichförmig beschaffen, dass man seine Unterabtheilungen überall mit denselben Namen bezeichnen dürfte. Da also diese Benennungen nur Localwerth haben, so kann eine Erklärung derselben hier der Kürze wegen füglich übergangen und eine Beschreibung der silurischen oder devonischen Ablagerung, welche sie bezeichnen, dem Specialstudium einzelner Gegenden überlassen werden.

Die Versteinerungen des Uebergangsgebirges geben uns das einzige sichere Mittel an die Hand zur Unterscheidung desselben vor allen übrigen neptunischen Ablagerungen. Wir lernen aus ihnen die ersten Repräsentanten des organischen Lebens der Erde kennen und gewahren zugleich, dass die Vegetation und die Thierwelt dieser uralten Zeit ganz anders beschaffen war, als in allen spätern geologischen Perioden.

Erste Abtheilung. Silurisches Uebergangsgebirge.

Es hat ausser Deutschland bedeutende Verbreitung in England, Schottland und Irland, in Schweden und Norwegen, in Russland; ferner kommt es in Frankreich, Spanien und Portugal vor. Besonders mächtig ist es auch in Nordamerika vertreten.

Ueber sein Auftreten in Deutschland mögen folgende Angaben genügen. In Böhmen, wo das silurische Uebergangsgebirge hauptsächlich die Mitte des Landes einnimmt, ruht dasselbe auf Gneiss und Granit.

Es kann wieder in zwei Abtheilungen gebracht werden, nämlich in eine untere und obere. Das untere silurische Gebirge, unmittel-

bar auf plutonischem Gesteine ruhend, besteht aus Thonschiefern, die zu unterst frei von organischen Resten sind, höher oben aber Petrefakten enthalten. Darüber lagern sich Quarzfels, Conglomerate (sog. Grauwacke), Quarz-Sandsteine und Schiefer, die mit einander wechseln. Die Mächtigkeit dieser Abtheilung beträgt über 4000′. Die obere silurische Abtheilung ist gebildet aus Kalksteinen (Uebergangs-Kalk), auf welchen wieder Schiefer ruhen. Ihre Ausdehnung und Mächtigkeit ist weit geringer als die der untern Abtheilung und beträgt im Ganzen etwa 1000′.

Weniger genau als das böhmische silurische Uebergangsgebirge ist das anderer Gegenden Deutschlands untersucht. In Thüringen treffen wir wieder zu unterst quarzige Schiefer ohne Petrefakten, worauf eine grüne Grauwacke mit zweifelhaften tangartigen Pflanzenresten folgt. Ueber derselben lagern Schiefer und Kalklager. Aehnlich verhält sich das silurische Uebergangs-Gebirge in Sachsen und im Harz.

Versteinerungen des silurischen Uebergangs-Gebirges.

FLORA.

Sie besteht ausschliesslich aus *blattlosen Cryptogamen* aus der Ordnung der Algen. Alle andern Abtheilungen des Gewächsreiches, namentlich Landpflanzen, fehlen gänzlich. Die vorkommenden Algen, der Familie der Fucoideen angehörend, finden sich meist nur in der untern Abtheilung des silurischen Uebergangsgebirges. Es gehören hierher die Geschlechter Chondrites, Sphaerococcites und noch einige wenige andere in Amerika aufgefundene.

FAUNA.

Ich werde hier (wie auch bei den übrigen neptunischen Gebilden) die einzelnen in geologischer oder allgemein wissenschaftlicher Beziehung beachtenswerthen Thiere anführen und später am Ende der Geschichte des zweiten Zeitraumes eine allgemeine Charakteristik der Fauna der ganzen Periode geben.

Urthiere aus dieser ältesten neptunischen Ablagerung sind nicht bekannt.

Polypen. Schwammkorallen (*Amorphozoa*) treten noch selten auf und beschränken sich auf wenige Gattungen.

Blumenkorallen (*Anthozoa*) dagegen erscheinen im silurischen Gebirge in grosser Häufigkeit; sie bauten sich bereits in dieser frühen erdgeschichtlichen Periode ganze Corallenbänke. Die bezeichnendsten und häufigsten Gattungen und Arten sind folgende: Graptolithus, die typische Sippe der für das silurische Gebirge sehr bezeichnenden Familie der Graptolithinen, die sich nicht mehr in die spätern neptunischen Ablagerungen erstreckt. Die Graptoliten sind den im heutigen Ocean noch lebenden Pennatulinen am nächsten verwandt. Sie kommen in mehreren Untergattungen und vielen Arten im silurischen Gebirge vor. Ferner: Cyathophyllum (Blätterpolyp) mit folgenden häufiger vorkommenden Arten: C. caespitosum, turbinatum, quadrigeminum, Calamopora (Röhrenpolyp) polymorpha, spongiosa, Catenipora escharoides, Stromatopora concentrica, Porites subulata, Syringophyllum organum.

Auch *Mooskorallen* (*Bryozoa*) lebten schon während dieses Zeitraumes. Die häufigsten Gattungen, die im Silurgebirge vorkommen, sind: Aulopora, Stictopora, Eschara, Retepora und Fenestella.

Strahlthiere. Das Silurgebirge enthält nur Strahlthiere aus der Ordnung der Haar- und Seesterne. Unter den *Haarsternen* sind zu erwähnen die Familie der Stylastriten, Thiere, die mit einem Stiele am Boden des Meeres befestigt waren. Das am häufigsten vorkommende Geschlecht ist Cyathocrinites. Von ihm werden gewöhnlich nur die Stielglieder gefunden, die man auch Schraubenoder Rädersteine (Trochiten) heisst.

Ferner sind besonders bezeichnend für diesen Zeitraum die Cystideen oder gestielten Seeigel, die in keiner spätern neptunischen Ablagerung mehr vorkommen. Hieher Echinosphaerites aurantium, Caryocrinus ornatus.

Eine dritte Familie der Crinoideen bilden die Blastoideen, von denen nur Pentatrematites im Silurischen vorkommt.

Von freien (ungestielten) *Seesternen* treffen wir im Silurgebirge nur sehr wenige Arten der Gattungen Ophiura und Asterias.

Weichthiere Muscheln. Brachiopoden sind im Silurgebirge sehr häufig und für dasselbe bezeichnend. Die wichtigsten Sippen und Arten sind folgende: Terebratula. Diese Sippe hat

in neuester Zeit eine Spaltung in mehrere Untergattungen erlitten, die wir hier aber nicht weiter berücksichtigen. Hieher gehören als wichtigste Arten: T. Wilsoni, aspera, reticularis, borealis, Spirifer lynx, trapezoidalis, Orthis virgata, grandis, lata, vespertilio, elegantula, Leptaena alternata, sericea, lata, Strophonema depressa, Pentamerus laevis, oblongus, Knightii, galeatus.

Aus der Abtheilung der Pelecypoden, die in dieser Periode noch wenig entwickelt und daher für dieselbe auch nicht sehr charakteristisch ist, nenne ich folgende Sippen: Avicula, Arca, Nucula, Cypricardia.

Das wichtigste *Heteropoden*-Genus des Silurgebirges ist Bellerophon mit zahlreichen Arten, wie: B. dilatatus, bilobatus, acutus u. s. w.

Von *Gasteropoden* kommen vor die Sippen: Turbo, Euomphalus, Murchisonia, Pleurotomaria.

Sehr bezeichnend für diese Ablagerungen ist ferner das Auftreten der *Cephalopoden*, die in allen Perioden der Erdgeschichte durch besondere Sippen und Arten vertreten sind, aber doch in den Schöpfungen der Vorwelt eine weit bedeutendere Rolle spielten, als in geschichtlicher Zeit. Sie treten gleich mit Beginn des organischen Lebens auf der Erde in mehr als 20 Sippen auf. Aus der Familie der Ammoniten, die von hier bis zum Schluss der Kreideperiode in steter Mannigfaltigkeit der Formen und Anzahl der Arten zunimmt und dann völlig ausstirbt, ist nur ein einziges Genus in der silurischen Schöpfung und zwar schwach vertreten, nämlich Goniatites, das aber in der untern silurischen Abtheilung noch nicht vorkommt.

Aus der Familie der Nautilinen sind folgende Sippen wichtig: Nautilus, Lituites, Gyroceras, Trochoceras, Orthoceras, Cyrtoceras, Gomphoceras, Phragmoceras, Ascoceras.

Von *Ringelwürmern* treten nur wenige Arten der Sippe Serpula auf.

Die *Kruster* sind für diese neptunischen Ablagerungen äusserst wichtig. Sie sind in dem silurischen und devonischen Gebirge nur durch die Familie der Trilobiten vertreten, die sich dann in keiner spätern Thierschöpfung mehr findet. Die Anzahl der Sippen, Arten

und Individuen ist so gross, dass sie für die bezeichnendsten Versteinerungen des Uebergangsgebirges gelten dürfen. Sie vermögen sich durch Annäherung des Schwanzes an den Kopf kugelförmig zusammenzurollen und werden häufig in dieser gekrümmten Stellung fossil gefunden. Zu den zu unterst im Silurien und fast ohne Begleitung anderer Thiere vorkommenden Sippen gehören: Paradoxides Tessini und Bohemicus, Conocephalus Sulzeri, Elipsocephalus Hoffii; höher im untern Silurien in Gesellschaft mit zahlreichen Weichthieren treffen wir: Bronteus, Asaphus exponus, Buchii, Hausmanni, Illaenus crassicauda, Trinucleus.

Die Trilobiten in dem obern Silurgebirge gehören gleichen Sippen an; die Arten derselben aber sind wesentlich von denen der sog. zweiten untersilurischen Trilobiten-Fauna verschieden. Hierher Calymene Blumenbachii, Phacops sclerops, Palynotus.

Die Wirbelthierreste dieser Ablagerungen beschränken sich auf wenige saurierartige *Fisch*-Geschlechter, die alle erst im obern Silurgebirge vorkommen und sehr unvollkommen erhalten sind. Sie gehören sämmtlich der Ordnung der Knorpelfische an.

Zweite Abtheilung. Devonisches Uebergangs-Gebirge.

Wo beide Gruppen des Uebergangs-Gebirges entwickelt sind, liegt die devonische über der silurischen, woraus klar hervorgeht, dass jene jünger ist als diese. Ihre Verbreitung ist nicht so gross als die der silurischen Abtheilung. Ausser Deutschland findet sich das devonische Uebergangs-Gebirge in Belgien, Frankreich, Grossbritanien. In Russland bedecken die devonischen Gesteine einen beträchtlichen Theil des grossen Landes und zwar ganz in horizontaler Schichtung. Auch in Amerika hat es eine ziemliche Verbreitung. In Deutschland tritt es in ziemlicher Verbreitung auf und verdient hier eine ausführlichere Betrachtung. Im Nassauischen und Rheinpreussischen liegt zu unterst die sog. Rheinische Grauwacke, auf welcher Schiefer, Mergel und Kalke wechsellagern. Auch im Harz ist das devonische Gebirge fast eben so entwickelt; nur bilden dort Sandsteine das Aequivalent der Rheinischen Grauwacke. Im Thüringerwalde in Sachsen und Schlesien, in der Gegend von Hof im Bayerischen Fichtelgebirge und endlich im Baden-

schen Schwarzwalde treten ebenfalls Glieder des devonischen Uebergangs-Gebirges auf.

Versteinerungen des devonischen Uebergangs-Gebirges.

Diese Ablagerung ist ziemlich reich an Versteinerungen besonders aus dem Thierreiche. Es kommen darin auch in ziemlich grosser Menge Versteinerungen vor, die schon in der silurischen Gruppe auftraten. Hieraus muss man den Schluss ziehen, dass beide Gruppen zusammenhängen und nicht diese etwa mit der folgenden verbunden werden darf. Indess treten in weit bedeutenderer Zahl auch ihr ganz eigenthümliche Petrefakten auf zum Beweise, dass die devonischen Gebilde in einem besondern Zeitabschnitt der Uebergangs-Periode abgelagert wurden und eine eigene selbstständige Abtheilung des Uebergangs-Gebirges ausmachen. Die folgenden organischen Reste gehören theils zu den häufigern, theils zu den eigenthümlichen und bezeichnenden der devonischen Gruppe.

FLORA.

Sie ist schon mannigfaltiger als die der vorigen Abtheilung. In dem obern Schiefer der devonischen Gruppe wiederholen sich wieder die Fucoideen, ausserdem treten aber schon Landpflanzen in beträchtlicher Anzahl auf und zwar *Farrenkrautartige* aus der Familie der Schafthalme, Calamiten, welche in dieser erdgeschichtlichen Periode meist baumartige Grösse erreichten, dann aber an Wuchs allmählich abnahmen, um in der Juraformation endlich ganz zu verschwinden. Hieher Calamites transitionis, distans und Roemeri. Ferner sind aus der gleichen Ordnung zu erwähnen: Asterophylliten, Farne, Stigmarien, Sigillarien, Lycopodiaceen, worunter Sagenaria Veltheimiana als Leitpflanze für die jüngeren devonischen Schichten. Endlich kommen als Seltenheiten Cycadeen und Coniferen vor. Alle diese Familien wiederholen sich in spätern und vorzugsweise in der nächsten Periode und treten dort mit weit grösserer Artenzahl auf.

FAUNA.

Reste von *Foraminiferen* treten in England und Russland auf.

Aus der Classe der *Polypen*, Ordnung der *Schwammkorallen*, tritt die Gattung Scyphia neu auf. Charakteristisch für die mittleren Etagen ist Receptaculites Neptuni. Unter den *Blumen-*

korallen und *Mooskorallen* wiederholen sich zum Theil die Sippen der silurischen Abtheilung. Von erstern verdienen Heliolites porosa, Calamopora polymorpha, Pleurodyctium problematicum, Cyathophyllum quadrigeminum, von letztern Fenestella infundibuliformis und Stromatopora polymorpha aufgeführt zu werden.

Unter den *Strahlthieren* sind die Stylastriten noch häufiger als im silurischen Gebirge. Die wichtigsten sind: Cupressocrinus crassus, elongatus, Cyathocrinus Rhenanus, Rhodocrinus crenatus, Ctenocrinus typus (= Cyathocrinus pinnatus), Haplocrinus mespiliformis.

Unter den *Mollusken* spielen die *Muscheln* und speziell die Brachiopoden abermals die Hauptrolle. Von Terebrateln kommen noch die gleichen Formen vor, wie im Silurgebirge. Von der Sippe Spirifer sind die Arten macropterus und cultrijugatus für die unterste Etage (Rheinische Grauwacke oder Spiriferensandstein), Sp. Verneuili und bifidus für die mittlern Schichten, denen die schlesischen Devonbildungen angehören, bezeichnend. Ausserdem sind Spirifer speciosus, laevicosta und aperturatus zu nennen. Leptaena (depressa, lepis), Orthis (Dumontana, umbraculum, tetragona, striatula) und Pentamerus (galeatus) dauern in dieser Periode noch fort. Neu dagegen ist die wichtige Sippe Stringocephalus. St. Burtini kommt als Leitmuschel im Kalk über der Grauwacke und den Schiefern mit Calceola vor. Calceola sandalina ist Leitmuschel für die Schiefer über der Grauwacke oder dem Spiriferen-Sandstein. Von Pelecypoden sind bemerkenswerth: Megalodon cucullatus, Pterinea laevis, lineata, fasciculata, ventricosa, Cardium palmatum, Isocardia Humboldti, Posidonomya Becheri und venusta.

Von *Pteropoden* Conularia und Tentaculites. T. tenuicinctus ist für die obern Schiefer charakteristisch. Von *Heteropoden* nenne ich ausser den schon unter den silurischen Petrefakten aufgezählten: Bellerophon trilobatus, bisulcatus, globatus, primordialis und decussatus. *Gasteropoden* sind im Devongebirge häufig, namentlich Natica inflata und excentrica, Turbo carinatus und canaliculatus, Euomphalus serpula, catillus und planorbis, Trochus helicites und oxygonus, Pleurotomaria elegans, aspera

und **sublaevis**, **Murchisonia bilineata**, **coronata**, **Buccinum arculatum**.

Von *Cephalopoden* sind die Goniatiten noch häufiger als im silurischen Gebirge, namentlich sind zu erwähnen **Goniatites subnautilinus** und **latisceptatus** in den Schiefern über dem Stringocephalenkalk und zahlreiche Arten in den obersten Schichten. Ein weiteres allein im Devongebirge und zwar in den mittlern Stockwerken desselben auftretendes Geschlecht bildet **Bactrites**, noch der Familie der Ammoniten angehörend.

Von Nautilinen ist die Sippe **Clymenia** sehr bezeichnend. Die Arten derselben, in den oberen Stockwerken vorkommend, sind: **Cl. undulata**, **striata**, **laevigata**. Auch die Sippen **Orthoceras** und **Cyrtoceras** sind noch zahlreich vertreten.

Die Trilobiten sind hier viel weniger häufig als im Silurgebirge. Es mögen folgende Repräsentanten angeführt werden: **Pleuracanthus laciniatus**, **Harpes macrocephalus**, **Phacops latifrons**, **Brontes signatus** und **Homalonotus Knightii**.

Wichtig sind endlich von wirbellosen Thieren für diese Ablagerungen noch die Ostracoden, namentlich **Cypridina serratostriata** als leitende Versteinerung für die obern Schiefer.

Von Wirbelthieren lebten nur ***Fische***, die namentlich in den obersten devonischen Schichten, dem sogen. alten rothen Sandsteine Schottlands, Russlands und Nordamerika's vorkommen, z. B. **Pterichthys cornutus**, **Coccosteus oblongus**, **Cephalaspis Lyelli**.

Zweiter Abschnitt.

Steinkohlen-Gebirge.

Die Gesteine dieser Ablagerung sind vorzüglich: der Kohlenkalk, der Kohlensandstein und die Kohlenschiefer mit den Steinkohlen.

1. **Kohlenkalk** (Bergkalk). Dieses Gebilde besteht aus dichten Kalksteinen, meist von dunkelgrauer Farbe und bisweilen dolomitisch. Sie sind regelmässig geschichtet und häufig reich an Versteinerungen. — Der Kohlenkalk tritt öfters für sich selbstständig auf in Bergen und Hügeln.

2. **Kohlen-Sandstein**. Er ist meistens ein Thonsandstein, am häufigsten von grauer Farbe und bald fein-, bald grob-

körnig. Die Sandsteine wechseln oft mit Conglomeraten, welche runde Bruchstücke, meist von plutonischen Gesteinen, manchmal von Felsarten des Uebergangs-Gebirges enthalten. Die Ablagerung ist regelmässig geschichtet und öfters nicht arm an Pflanzen-Versteinerungen. — Häufig treten schon zugleich mit den Sandsteinen einzelne Kohlenlager auf.

3. Kohlenschiefer und Steinkohlen. Der Kohlenschiefer ist ein Schieferthon, durch Kohle schwarz oder dunkelgrau gefärbt und meist dünnschieferig. Er enthält zahlreiche Pflanzen-Versteinerungen. — In Begleitung dieser Schiefer treten die Steinkohlenlager auf.

Die ersten Kohlenbildungen im Laufe der Erdentwickelung haben wir bereits im Uebergangs-Gebirge kennen gelernt, nämlich die Anthracitlager. Ausserdem werden wir auch in spätern Perioden namhafte Kohlenablagerungen treffen, so im Keuper, im Lias, im Wealden, im Quadersandstein und namentlich von grosser Verbreitung und Wichtigkeit in der Tertiärzeit als sogen. Braunkohle, die von anderer mineralogischer Beschaffenheit ist als die Steinkohle. — Endlich gibt es auch Kohlengebilde, deren Entstehung in historische Zeit fällt, nämlich der Torf.

Die Steinkohle findet sich hier in allen Abänderungen der Mineralogie, als Schieferkohle, Blätter-, Stangen-, Cannel- und Russkohle. — Sie unterscheidet sich vom Anthracit vorzüglich durch mehr oder weniger reichlichen Gehalt an organischen Resten, sog. Bitumen; sie brennt daher mit lebhafter Flamme und liefert bei der Zersetzung in der Wärme viel Kohlenwasserstoffgas und brenzliches Oel, mit Brenzharz u. s. w. — Braunkohle unterscheidet sich von der Steinkohle durch den braunen Strich, durch ganz verschiedene vegetabilische Einschlüsse, durch das weit seltenere Vorkommen vieler übereinander gelagerter Kohlenschichten, durch das hellere lockerere und weniger geschichtete Nebengestein und durch ihr Zusammenvorkommen mit Basalten, während Porphyre die fast ständigen Begleiter der Steinkohle sind.

Die Kohlenlager besitzen eine Mächtigkeit von beiläufig 2—3′ bis zu 10 und 15′, ausnahmsweise bis zu 30′ und darüber, selbst 40′ im Neuhaus (Sachsen-Meiningen). Gewöhnlich zeigen sich mehrere Lager übereinander, unterbrochen von Zwischenlagern von Kohlenschiefer. Die Bildung der Steinkohlen erklärt sich auf eine eben so einfache als befriedigende Weise. Sie ging auf die gleiche

Art und Weise von Statten wie die der übrigen Kohlengebilde in der Erdkruste. Die ausserordentliche Menge von Pflanzenresten, welche man in Begleitung der Kohlen findet, zeigt, dass diese letztern die Produkte der Zerstörung, der Verkohlung urweltlicher Pflanzen sind. Ganze Wälder baumartiger Gefäss-Cryptogamen wurden durch zerstörende Erdrevolutionen verschüttet, im Innern der Erde begraben, und gaben dadurch Anlass zur Bildung des für unsere Künste und Gewerbe so wichtigen Brennmaterials. Die Verkohlung der Pflanzen erfolgte höchst wahrscheinlich durch die Fäulniss derselben, welche durch die grossen Massen der auf einander geschichteten Vegetabilien, und durch die zur damaligen Zeit noch beträchtliche Erdwärme sehr begünstigt werden musste. Die hohe Temperatur, welche in Folge des Gährungsprozesses so mächtiger Zusammenhäufungen organischer Stoffe hervorgebracht werden musste, war mehr als hinreichend, um die Verkohlung der Pflanzen, ihre Zersetzung in der Wärme ohne Luftzutritt zu bewirken. Da wo sich die Temperatur nicht genügend steigerte, blieben den Kohlen noch organische Stoffe beigemengt, wie namentlich die Braunkohle und der Torf zeigt. Bei kräftigerer Einwirkung der Wärme wurden diese vollständig zerstört, es bildete sich Anthracit.

Die Anhäufung von Pflanzenresten, wie sie zu Bildung von Kohlenlagern nöthig ist, konnte und musste auch auf noch andere Weise zu Stande gekommen sein; so namentlich durch Uebereinanderwachsung und Verfilzung von Moosen. Nicht nur Torflager, sondern Braun- und Steinkohlenschichten erweisen sich aufs deutlichste als solche Bildungen. Ferner deuten manche Merkmale darauf hin, dass auch durch Flüsse vegetabilische Massen zusammengeschwemmt, namentlich sog. Senkholz in Landseen und Flussmündungen aufgehäuft und allmählig in Kohle verwandelt wurde. Hiefür spricht die Analogie mit Vorgängen aus geschichtlicher Zeit, ferner die beckenförmige Lagerung mancher Kohlenschichten und endlich die deutliche Anwesenheit von Zeichen an den fossilen Stämmen, wie Abrollung und eigenthümliche Beschädigung, wie sie nur an Senk- und Treibholz beobachtet wird. Auch urweltliche Fukoideenbänke können als Material einzelner Kohlenablagerungen betrachtet werden.

In Begleitung der Steinkohlen findet man öfters beträchtliche Lager von Eisenerzen, welche zu einem ausgedehnten Bergbau Anlass geben. Die Eisenerze des Steinkohlen-Gebirges sind am

häufigsten thoniger Spatheisenstein in rundlichen, knolligen Stücken, sog. Sphärosiderit.

Die Kohlensandsteine mit den Kohlenschiefern und Steinkohlen bilden selten grössere Berge, meist nur Hügelland.

Verbreitung des Steinkohlen-Gebirges.

Mit Uebergehung kleinerer Ablagerungen beschränke ich mich darauf nur die Länder zu nennen, in welchen sich beträchtlichere, bauwürdige Steinkohlenlager finden. Solche kommen vor: in Deutschland in Preussen, namentlich in der Rheinprovinz, in Westphalen und Schlesien; in Sachsen; in Böhmen und in der Rheinpfalz. In Süddeutschland findet sich diese Formation nur zu Spuren. England enthält bei weitem die grössten Steinkohlenlager in Europa, so zwar, dass es wenigstens zwei Drittheile der ganzen europäischen Steinkohlenausbeute liefert. Die grossen englischen Steinkohlenmassen liegen theils in Nordengland, besonders in der Gegend von Newcastle, dann in Mittelengland von Leeds über Sheffield bis nach Derby, dann in der Gegend von Manchester, ferner im südlichen England. In Belgien kommen grosse Steinkohlenlager vorzüglich in den Umgebungen von Lüttich, Namur, Charleroy und Mons vor; in Frankreich an der Nordgrenze, dann in der Gegend von St. Etienne bei Lyon und kleinere Lager an vielen Punkten. — Weiter treten beträchtliche Steinkohlenlager auf in Russland, namentlich zwischen dem Dnieper und Don. — Von grossen Kohlen-Ablagerungen ausser Europa mögen genannt werden jene in Nordamerika, Ostindien, China, Japan und Neuholland.

Organische Reste des Steinkohlen-Gebirges.

FLORA.

Die Pflanzenreste sind bei weitem die häufigsten und wichtigsten Versteinerungen dieser Ablagerung. Die meisten Pflanzen des Steinkohlen-Gebirges gehören der Klasse der Gefäss-Cryptogamen an und insbesondere den Familien der Equisetaceen (Schachtelhalme), Lycopodiaceen und Farren. Diese Pflanzen herrschen so sehr vor, dass sie bei weitem die Hauptmasse, ja fast die ganze Flora dieser Zeit bilden. Fast alle jene Gefäss-Cryptogamen sind baumartig, riesenmässiger als die ihnen ähnliche Gestalten, welche jetzt in den heissen Ländern angetroffen werden. Von diesen baumartigen Gefäss-Cryptogamen, namentlich von Lycopodiaceen, hat man mehr-

fach die Stämme aufrecht, die Wurzel nach unten, und also noch in ihrer ursprünglichen Stellung in den Steinkohlen-Bergwerken gefunden. Die Blätter dieser Pflanzen liegen neben den Stämmen im Kohlenschiefer vertheilt, häufig auf das Vortrefflichste erhalten. Aus diesen Thatsachen muss man den Schluss ziehen, dass jene Pflanzen an den Stellen wuchsen, wo wir sie jetzt versteinert finden, und dass also in unsern jetzt gemässigten Zonen während des zweiten geologischen Zeitraumes ein zum Gedeihen jener Gewächse nöthiges heisses Klima herrschte. — Neben den erwähnten Gefäss-Cryptogamen treten im Steinkohlen-Gebirge, und zwar zum Theil in grosser Häufigkeit, schon einige nacktsamige (gymnosperme) Phanerogamen auf und zwar aus der Familie der Coniferen, aber es fehlen fast gänzlich die bedecktsamigen (angiospermen) Phanerogamen, namentlich die eigentlichen dikotyledonischen Gewächse. — Die ganze Flora hat im Allgemeinen den Charakter jener von sumpfigen Inseln der Tropenländer.

Die wichtigsten Sippen und Arten der Steinkohlen-Flora sind folgende:

Blattlose Cryptogamen. Sie sind in dieser Periode selten und beschränken sich auf wenige *Schwämme, Algen* (Diatomeen und Florideen).

Blattbildende. Moose kommen nicht vor, dagegen sind die Pflanzen aus der Ordnung der *Farrenkrautartigen* (Filicinae) in der ganzen Flora bei weitem die vorherrschenden; namentlich die folgenden: Calamites aus der Familie der Equisetaceen, runde, rundliche oder plattgedrückte Stämme, mehrere Fuss lang und mehrere Zoll dick und ohne Aeste. Ihre Früchte sind unbekannt. Hieher gehören zahlreiche Arten; so C. decoratus, cruciatus, Cistii, cannaeformis, Suckowi, nodosus u. s. w. Aus der Familie der Asterophylliten: Asterophyllites equisetiformis, dubia, tenuifolia, Annularia longifolia, fertilis, Sphenophyllum emarginatum, longifolium. Ueberaus zahlreich sind die wahren Farne (Filices) vertreten. Bei weitem am häufigsten sind Blätter; da es selten möglich ist, an ihnen die Fructificationsorgane genauer zu erkennen, hat man bei deren Bestimmung zum Verlauf der Blattnerven als Unterscheidungsmerkmal Zuflucht genommen. Die wichtigsten Gattungen und Arten dieser Blattreste sind: Neuropteris cordata, angustifolia, acutifolia, flexuosa, gigan-

tea, tenuifolia, Odontopteris Schlotheimii, Cyclopteris orbicularis, obliqua, auriculata, Sphenopteris linearis, acutiloba, elegans, distans, latifolia, acuta, Hymenophyllites furcatus, dissectus, Alethopteris lonchitidis, Sternbergii, aquilina, Pecopteris Pluckeneti, plumosa, aspera.

Ausser Farrenblättern wurden auch baumartige Stämme gefunden mit spiralig gestellten Blattnarben und den charakteristischen (mikroskopisch erkennbaren) Treppengefässen. Hieher Protopteris Sternbergi, Caulopteris appendiculata und Karstenia mammillaris. Eine fernere hier aufzuführende wichtige Familie bilden die Sigillarien. Sie weichen von allen lebenden Pflanzen im Baue weit ab. Zu ihnen gehört Stigmaria ficoides (wahrscheinlich Wurzeln der folgenden Gattung) und Sigillaria, grosse, dicke Stämme (bis 30—40 Fuss hoch) mit sehr vielen (über 50) Arten, von denen ich nur folgende nenne: S. Brardii, elegans, tessellata, notata, oculata und reniformis. Zur Familie der Lycopodiaceen (meist blattlose Baumstämme) gehören: Lycopodites Bronni, dann die sehr interessante Gattung Lepidodendron, runde Stämme, 10—20—30′ hoch und ein paar Fuss dick. (In einer englischen Steinkohlen-Grube wurde ein Stamm von 36′ Höhe aufrecht stehend und noch mit den obern Aesten gefunden.) Diese Gattung umfasst sehr viele Arten, z. B. aculeatum, crenatum, rimosum, undulatum, confluens. An dieselbe schliesst sich die Gattung Sagenaria, die mit der vorigen sehr eng verwandt, wo nicht identisch ist.

Von *Phanerogamen* sind aus der Steinkohlen-Formation hauptsächlich nur Gymnospermen bekannt, die aber den Gefässcryptogamen gegenüber eine untergeordnete Stelle einnehmen. Unter den bedecktsamigen Phanerogamen ist hier ausschliesslich das Vorkommen einiger Gramineen und Palmen erwähnenswerth. Von *Gymnospermen* dagegen kommen Stämme und Holzstücke mit charakteristischer mikroskopischer Struktur vor, die sich in die Familien der *Cycadeen* und *Abietineen* einreihen. Von einer beträchtlichen Anzahl aufgefundener Früchte (Carpolithen) sind die Stammpflanzen nicht bekannt.

FAUNA.

Die Thierreste des Steinkohlengebirges sind von ungleich geringerm wissenschaftlichen Interesse, als dessen Pflanzen. Wäh-

rend diese hauptsächlich in den Schiefern vorkommen, tritt die Fauna mehr im Kohlenkalkstein auf.

Die *Urthiere* sind im Kohlengebirge selten und auf wenige *Foraminiferen* beschränkt, häufiger dagegen die *Polypen*. Aus der Abtheilung der *Anthozoen* kommen namentlich zahlreiche Arten von Gorgonia, Millepora, Syringopora, Caninia, Cyathophyllum, Siphonodendron vor; von *Bryozoen* mögen die Sippen Aulopora, Retepora, Glauconome, Fenestella und Polypora als die wichtigsten aufgeführt werden.

Die *Strahlthiere* treten in der Steinkohle in grösserer Häufigkeit als im Uebergangsgebirge auf; namentlich sind die Stelleriden-Sippen Poteriocrinus (crassus, quinquangularis), Platycrinus (laevis, granulatus), Actinocrinus (polydactylus) und Pentatrematites (ovalis, florealis und piriformis) sehr reich an Arten aus dem Kohlenkalk. — Von freien Seeigeln, die in frühern Schichten noch nicht vertreten waren, treffen wir erst wenige Arten.

Weichthiere. Muscheln. Terebratula ist noch immer häufig und durch eigene Arten vertreten, wie: T. acuminata, hastata, planosulcata. Orthis kommt ebenfalls noch vor, ist aber in Abnahme. Sehr häufig dagegen ist Spirifer, der hier mit ganz andern Arten als im Uebergangsgebirge vorkommt. Hieher S. imbricatus, oblatus, trigonalis, Sowerbyi, rotundatus, striatus. Eben so häufig sind Arten von Productus, wie: antiquatus, plicatilis, cora, striatus, latissimus, giganteus, punctatus u. s. w. — Von Pelecypoden mögen Unio carbonarius und acutus aus dem Kohlenschiefer angeführt werden. Weitere bemerkenswerthe Gattungen und Arten sind: Cardium aliforme, Cypricardia squamifera, Venus parallela, Cucullaea obtusa, Avicula papyracea und Posidonomya vetusta. — *Gasteropoden.* Euomphalus (diese Gattung kommt zwar schon im Uebergangs-Gebirge vor, ist aber häufiger und bezeichnender im Kohlenkalk); die wichtigsten Arten sind: E. catillus, Dionysii, acutus, pentangulus; Murchisonia angulata, Pleurotomaria insculpta, carinata. — *Cephalopoden.* Aus der Abtheilung der Ammoneen kommen fast nur Arten von Goniatites (sphaericus, Listeri, striatus) vor; doch sind diese nicht mehr so zahlreich wie im Uebergangsgebirge. Von Nautilinen dagegen sind noch

einige Sippen durch Artenreichthum von grosser Bedeutung; die Geschlechter Nautilus und vielleicht Orthoceras ausgenommen, sterben sie mit der Thier-Schöpfung des Kohlengebirges für immer aus. Die Sippen Nautilus (cyclostomus, globatus), Cyrtoceras (rugosum) und Orthoceras (giganteum, laterale, cinctum) verdienen ihres Artenreichthums wegen specieller Erwähnung.

Von *Ringelwürmern* nenne ich nur die Geschlechter Spirorbis und Serpula als hieher gehörig.

Crustaceen. Sehen wir von den Trilobiten ab, die in dem Bergkalke nur noch in wenigen Sippen und Arten vorkommen und dann gänzlich aussterben, so ist das Steinkohlengebirge durch allmälige Zunahme der Ostracoden (Cythere Phillipsiana, Cypridina concentrica) und durch das Auftreten des ersten Schaalenkrebses (Unterordnung der Flohkrebse) Gampsonyx fimbriatus charakterisirt. Der letztere kommt in der Rheinpfalz und bei Sulzbach im Murgthale vor.

Die *Arachnoiden*, deren massenhaftes Auftreten erst in die Tertiärperiode fällt, werden zum erstenmale in der Thier-Schöpfung des Steinkohlengebirges gefunden, und zwar aus der Ordnung der Lungenspinnen der einzige fossile Scorpion Cyclophthalmus senior, von Graf Sternberg bei Radniz in Böhmen entdeckt; ferner ein Afterscorpion Microlabis.

Insekten, schon im Devongebirge auftretend, finden sich auch in geringer Zahl im Kohlenkalk.

Fische kommen im Steinkohlengebirge aus den Ordnungen der Ganoiden und Placoiden vor und zwar von den letztern Zähne und Flossenstacheln. Von *Ganoiden*, die alle in der zweiten Periode eine in die Schwanzflosse fortgesetzte Rückensäule haben (Unterabtheilung der Heterocerken), sind erwähnenswerth: Amblypterus macropterus in Nieren von thonigem Siderit vorkommend und Palaeoniscus Duvernoyi.

Amphibien. Im Kohlengebirge treten die ersten Spuren von *Sauriern* auf, so Archegosaurus Decheni, der nach Burmeister zu den Labyrinthodonten gehört.

Fussspuren von *Vögeln* (Fährten-Abdrücke) finden sich im Kohlensandstein von Massachusets. Owen schreibt sie dreizehigen straussartigen Thieren zu.

Dritter Abschnitt.

Permisches Gebirge.

(Permisches System von Murchison. — Der Name rührt von der ausgebreitetsten Verbreitung dieser Ablagerungen im alten Königreich Perm, im östlichen Russland. Diese Gebilde nehmen dort einen Flächenraum ein, grösser als jener von ganz Frankreich.)

Die neptunischen Gesteine, welche sich während dieses geologischen Zeitabschnittes bildeten, können nach ihren ganz verschiedenen mineralogischen Merkmalen in zwei Hauptabtheilungen getrennt werden. Die ältere untere Ablagerung ist das Todtliegende, die jüngere obere der Kupferschiefer und Zechstein.

Erste Abtheilung. Todtliegendes.

Dieses Gebilde besteht grösstentheils aus Ablagerungen von Conglomeraten mit Strömungs-Geröllen, also abgerundeten Bruchstücken. Die Gerölle sind meist aus plutonischen Gesteinen gebildet, vorzüglich aus Granit, Gneiss und Quarz-Porphyr (bezeichnend); dann finden sich auch oft Quarz-Gerölle in diesen Conglomeraten. — Die Grösse der Rollstücke ist wie gewöhnlich sehr verschieden. — Als Bindemittel erscheint ein rother, thoniger oder feldspathiger oder quarziger Teig, grösstentheils hervorgegangen durch Zerstörung von Quarz-Porphyren, die fast überall in der Nähe des Todtliegenden auftreten. — Bisweilen zeigen sich zwischen den Conglomeraten Einlagerungen von meist grobkörnigen, rothen Sandsteinen. — Eine andere, nicht seltene Einlagerung bildet ein dunkelrother oder schmutziggrüner, öfters auch buntfarbiger Thon, nicht selten mit Zwischenlagern von ebenso gefärbten Thonschiefern oder auch mit Einschlüssen von rothem manchmal buntfarbigem, verhärtetem Thon, sog. Thonstein. — Die ganze Ablagerung hat also vorherrschend eine rothe, gewöhnlich dunkelrothe Farbe, daher auch der Name rothes Todtliegendes.

Als Localgebilde im Todtliegenden erscheinen bisweilen, namentlich im Thüringerwald, kleine Steinkohlenlager, dann am Spessart und in Kurhessen über den rothen Conglomeraten graue Thonsandsteine in einer Mächtigkeit von 40—50', welchen man den Namen graues oder weisses Todtliegendes gegeben hat.

Art des Auftretens. — Das Todtliegende bildet ganze

Berge und Gebirgszüge. Diese setzen theils nur ein Hügelland zusammen, theils erreichen die Berge eine Höhe von 3000′ und darüber. Die Ablagerung erscheint öfters selbstständig, häufig aber auch von andern neptunischen Gebilden bedeckt. — Die Gesteine des Todtliegenden sind meistens in dicken Bänken geschichtet und sie bilden nicht selten schroffe, malerische Felsparthien.

Verbreitung. — In grosser Ausdehnung und Mächtigkeit tritt das Todtliegende im nördlichen Deutschland auf, namentlich in Sachsen, sowohl im Königreich, als in den sächsischen Herzogthümern und hier besonders am Thüringerwald; dann in Kurhessen; Böhmen; Schlesien und am Harz. Weniger ausgedehnt und mächtig erscheint es in Süddeutschland: im Grossherzogthum Hessen, in der Gegend von Frankfurt; im Spessart; im Odenwald und Schwarzwald. — (Ob das Todtliegende in der Schweiz vorkommt, namentlich in den Umgebungen des Wallenstadter-See's, verdient noch näher untersucht zu werden.) — Man hat endlich diese Ablagerung noch nachgewiesen: in Frankreich, England, Spanien, dann in grösster Verbreitung im östlichen Russland; endlich in Nord- und Süd-Amerika.

Zweite Abtheilung. Kupferschiefer und Zechstein.

a. Kupferschiefer.

Dieses Gebilde besteht aus Mergel-Schiefern, welche durch Kohle und Bitumen grau und schwarz gefärbt sind. — Sie enthalten einen grossen Reichthum von Kupfererzen, besonders von Kupferkies und Kupferglanz, seltner von Rothkupfererz und gediegen Kupfer. Diese Erze sind unregelmässig in den Schiefern vertheilt und geben zu einem wichtigen Bergbau Anlass. — In wissenschaftlicher Beziehung gewährt der Kupferschiefer Interesse durch seinen Reichthum an Versteinerungen, besonders an Fischresten.

Die Mächtigkeit dieser Ablagerung beträgt im Mittel nur 2—4′. Sie bildet also nur kleine Lager zwischen dem Todtliegenden und dem Zechstein und verdient desshalb nur als eine Abtheilung des letztern angeführt zu werden.

Vorkommen. — Der Kupferschiefer ist ein im Ganzen wenig verbreitetes Gebilde. Man findet ihn vorzüglich in Norddeutschland und zwar in den sächsischen Herzogthümern; in den benachbarten preussischen Gegenden; in Kurhessen, Nassau und am Spes-

sart. Ferner kommt Kupferschiefer in Frankreich bei Autun und Lodère vor und endlich in Nordamerika in Conecticut. — (Die Permischen Gebilde Russlands halten Sandsteine mit Kupfererzen, mit Pflanzen-Versteinerungen, Resten von Palaeoniscus und Saurier-Knochen. Diese Ablagerungen sind wohl als Aequivalente des Kupferschiefers zu betrachten.)

b. Zechstein.

Dieses jüngste neptunische Gebilde des zweiten Zeitraums enthält vorzüglich folgende Gesteine:

Ablagerungen von Kalksteinen (Zechstein ohne Beisatz), meist grau, schmutziggelb oder braun, oft bituminös (Stinkkalk) und regelmässig geschichtet. — Dann trifft man Lager von Dolomiten (Zechstein-Dolomit, Rauchkalk), ebenfalls meist grau und bräunlich und mit den übrigen allgemeinen Charakteren des Dolomits. — Ferner finden sich Ablagerungen von Mergel (Zechstein-Mergel), welche gewöhnlich graue und bräunliche Farben zeigen, theils erdig, theils verhärtet sind. — Endlich kommen im Zechstein öfters Gyps-Lager vor.

Die Zechstein-Gruppe bildet häufig eigene Berge und Hügel.

Vorkommen. — Auch diese Ablagerung gehört nicht zu den allgemein verbreiteten. Man trifft sie vorzüglich in Deutschland und hier besonders im nördlichen Theil. Die einzelnen Gegenden sind: Preussen, Provinz Sachsen und Westphalen; der Harz; Sachsen, vorzüglich die Herzogthümer; Kurhessen; Grossherzogthum Hessen und der Spessart. — In Frankreich und England ist der Zechstein selten; dagegen tritt er in ausserordentlicher Verbreitung im östlichen Russland auf. Endlich erscheint er noch in Nordamerika.

Organische Reste der permischen Gebilde.

Sowohl die Flora als die Fauna dieser Ablagerungen zeigen auf das Unzweifelhafteste, dass die permischen Gebilde noch der zweiten geologischen Periode angehören. Der allgemeine Charakter dieser Flora und Fauna ist im Wesentlichen jener der Pflanzen- und Thierwelt des Uebergangs- und Steinkohlen-Gebirges und vollkommen verschieden von jenem der Flora und Fauna des dritten Zeitraums oder der Trias-Gebilde. Ueber die Stellung der permischen Gebilde im geologischen System kann daher nicht der mindeste Zweifel sein.

FLORA.

Die permischen Pflanzen-Reste finden sich fast ausschliesslich in den Gesteinen des Todtliegenden und im Kupferschiefer. Der Zechstein ist äusserst arm an Pflanzen.

Blattlose Cryptogamen. Algen. Bis jetzt haben sich aus dieser Ordnung Pflanzen gefunden, welche drei Gattungen angehören: Caulerpites (Fucus), Chondrites und Zonarites. — Ziemlich häufig ist in Deutschland Caulerpites selaginoides (Fucus selaginoides). Diatomeen kommen nicht vor.

Blattbildende Cryptogamen. Aus der Familie der Equisetaceen finden sich die Sippen Calamites, Calamitea und Equisetites vertreten. — Die wichtigsten Gattungen und Arten der Farren sind: Odontopteris obtusiloba, Pecopteris arborescens, Martinsi, Neuropteris Loshii, conferta, Sphaenopteris erosa, dichotoma, Sippen, welche sich schon in den ältern Ablagerungen finden, aber in den permischen Gebilden mit grösstentheils eigenen Arten. — Im Todtliegenden in Deutschlaud trifft man nicht selten Stücke von, durch Kieselsäure versteinerten und in Holzstein umgewandelten Pflanzen-Stämmen. Die Holzsteine der Gattungen Zygopteris, Protopteris, Psaronius und Tubicaulis gehören in die Familie der Farren. — Lycopodiaceen. In Russland finden sich zwei Arten von Lepidodendron.

Nacktsamige Phanerogamen. Aus dieser Klasse kommen von Coniferen die Gattungen Araucarites und Dadoxylon vor. Ferner findet sich aus der Familie der Coniferen im Kupferschiefer des Thüringerwalds: Cupressites Ullmanni. (Die Blattzweige dieser Pflanze wurden früher versteinerte Kornähren genannt.) — Dann gehört hieher die Familie der Noeggerathieen, mit der Gattung Noeggerathia, von welcher zwei Arten in Russland gefunden wurden. — Ferner ist zu den nacktsamigen Phanerogamen zu rechnen verkieseltes Holz aus der Gattung Medullosa.

FAUNA.

Im Ganzen sind Thierreste im permischen Gebirge nicht häufig. Sie finden sich vorzüglich im Kupferschiefer und Zechstein.

Polypen. Thiere aus dieser Classe kommen ungleich weniger häufig vor als im Steinkohlen- und Uebergangs-Gebirge. Sie gehören vorzugsweise den Gattungen: Cyathophyllum, Fenes-

tella und Stenopora an. In Deutschland sind ziemlich häufig: Fenestella anceps und retiformis.

Strahlthiere. Sie treten sehr selten im permischen Gebirge auf. Es verdient nur genannt zu werden: Stielglieder von Cyathocrinus ramosus und Cidaris Keyserlingii.

Weichthiere. Muscheln. Die Familie der Brachiopoden, so bezeichnend für die zweite geologische Periode, erscheint noch ziemlich häufig im permischen Gebirge, wenn auch bei weitem nicht mehr in der grossen Verbreitung wie früher. Von Terebrateln verdient besonders Terebratula Schlotheimii, pectinifera und elongata herausgehoben zu werden, als characteristisch für den deutschen, russischen und englischen Zechstein. Ferner gehören hieher: Spirifer cristatus, undulatus, Orthis pelargonata; Productus horridus ist eine wahre Leitmuschel für den deutschen und englischen Zechstein; in Russland haben P. cancrini und horrescens durch ihre Verbreitung und Häufigkeit die gleich hohe Bedeutung. Von Pelecypoden verdienen als nicht selten genannt zu werden: Mytilus Hausmanni, Schizodus Schlotheimii, Avicula speluncaria, Arca tumida und Kingiana. Unter diesen ist Schizodus Schlotheimii (ehedem Axinus obscurus) die bezeichnendste Muschel. — *Gasteropoden.* Während Thiere aus dieser Ordnung im Steinkohlen-Gebirge und in den devonischen Schichten ausserordentlich häufig waren, erscheinen sie in den permischen Gebilden nur selten. Ihre Arten aber sind fast alle neu. Hieher gehören: Pleurotomaria Verneuili und antrina, Murchisonia subangulata, Trochus helicinus und pusillus, Natica hercynica u. s. w. — *Cephalopoden.* Die für das Uebergangs- und Steinkohlen-Gebirge so bezeichnenden Goniatiten und Orthoceratiten fehlen schon gänzlich in den permischen Ablagerungen. Auch die Cyrtoceratiten scheinen schon ausgestorben oder jedenfalls ist ihre Existenz in den permischen Gebilden sehr zweifelhaft. — In diesen Ablagerungen erscheint überhaupt mit Sicherheit nur ein einziger Cephalopode aus der Gattung Nautilus (N. Freieslebeni) und dieser ist sehr selten.

Ringelwürmer. Von Anneliden hat man bis jetzt bloss einige Arten, aus der Gattung Serpula, gefunden.

Krustenthiere. Die Trilobiten, welche im silurischen Gebirge so häufig auftreten, im devonischen schon bedeutend ab-

nehmen und im Steinkohlen-Gebirge nur noch durch wenige Arten vertreten sind, fehlen schon gänzlich in den permischen Gebilden und erscheinen auch in den spätern neptunischen Ablagerungen nicht wieder. — Dagegen findet sich von Krustenthieren die Gattung Limulus, welche zuerst im Steinkohlen-Gebirge erschienen war, auch in diesen obersten Ablagerungen der zweiten Periode.

Fische. Aus dieser Klasse von Wirbelthieren enthalten die permischen Gebilde ziemlich viele und interessante Versteinerungen. Sie kommen vorzugsweise im deutschen Kupfer-Schiefer vor. — Diese Fische gehören den beiden Ordnungen der Placoiden und Ganoiden an und sie nähern sich in mancher Beziehung jenen des Steinkohlen-Gebirges. Von *Placoiden* findet man besonders Zähne, namentlich aus den Gattungen Janassa, Strophodus und Acrodus. — Die *Ganoiden* sind noch, wie früher, meist Heterocerken. — Als besonders häufig und bezeichnend müssen herausgehoben werden: Palaeoniscus Freieslebenii aus dem Kupferschiefer, dann Palaeoniscus Vratislaviensis aus dem Todtliegenden in Schlesien. — Ferner verdienen noch Aufmerksamkeit die Gattungen: Platysomus, Acrolepis und Pygopterus.

Amphibien. Die permischen Gebilde sind in paläontologischer Beziehung noch dadurch besonders interessant, dass in denselben die ersten vollständigeren Reste von Amphibien vorkommen. Diese gehören sämmtlich der Ordnung der Saurier an. — Das wichtigste hieher gehörige Thier ist eine grosse 3 — 4 Fuss lange Eidechse: Protorosaurus Speneri. Von diesem Saurier sind einige, mehr oder weniger vollständige Exemplare und einzelne Knochen im norddeutschen Kupferschiefer gefunden worden. — Nach Murchison und Verneuil kommen im permischen Gebirge noch weitere Reste von Sauriern vor und zwar aus den Gattungen Thecodontosaurus und Palaeosaurus bei Bristol und aus der Gattung Rhopalodon in Russland. — Ueberdiess sollen sich in Russland noch drei weitere Saurier-Gattungen finden: Brithopus, Orthopus und Syodon, deren Eigenthümlichkeit aber noch der Bestätigung bedarf.

Von *Vögeln* finden sich Fussspuren (Ornichniten, ὄρνις Vogel, ἴχνος Spur) in einer nordamerikanischen Sandsteinbildung, deren geologische Stellung noch nicht entschieden ist, welche aber von einigen Geologen zur permischen Formation gezogen wird. Die

Spuren rühren von dreizehigen, hochbeinigen, grossen straussartigen Laufvögeln her.

Von *Säugethieren* findet sich keine Spur in den permischen Gebilden.

Allgemeine Betrachtungen über die Beschaffenheit der Flora und Fauna während des zweiten geologischen Zeitraumes.

Ein Blick auf das organische Leben im zweiten geologischen Zeitraume ist in mehrfacher Beziehung sowohl von speciell geologischem, als allgemein wissenschaftlichem Interesse. Denn erstens lernen wir durch ihn die ersten lebenden Geschöpfe kennen, die den Erdball bevölkerten, zweitens sind dieselben, wie wir bei ihrer Aufzählung (S. 104) sahen, von den Geschöpfen der heutigen geologischen Periode durchaus verschieden und drittens war damals das Verhältniss der unorganischen Schöpfung zur organischen ein von der heutigen gänzlich verschiedenes und die Lebensbedingungen damaliger Flora und Fauna waren damals auch ganz andere als heute.— Die zweite Periode war also die Zeit des ersten Erwachens des Lebens auf unserem Planeten. Wie aber die ersten organischen Geschöpfe aus der unorganischen Natur entstanden sind? diese Frage liegt ausserhalb den Grenzen der exakten Forschung. Doch darf wohl die Hypothese nicht zurückgewiesen werden, dass noch viel einfachere Formen die Basis der organischen Natur bildeten, als diejenigen, welche uns in den untersten Versteinerungen führenden Sedimentgesteinen aufbewahrt sind. Nehmen wir aber diejenigen Geschöpfe, deren Reste sich noch als Versteinerungen aus den ältesten Bildungsepochen des Erdballs vorfinden, zum Ausgangspunkte unserer Betrachtung, so bemerken wir, dass in den untersten silurischen Schichten sogleich Pflanzen und Thiere zusammen vorkommen, die letztern aber in bedeutend überwiegender Mehrheit. Diese Erscheinung hindert nicht dennoch eine Präexistenz der Pflanzenwelt von der Thierwelt anzunehmen. Erstlich sprechen die Ernährungs-Verhältnisse der heutigen Thierwelt mit physiologischer Nothwendigkeit dafür und zweitens deutet auch der Kohlengehalt der azoischen Schiefergesteine, deren dunkle Färbung von fein zertheiltem Kohlenstoff herrührt, darauf dass schon vor oder während ihrer Bildung eine Vegetation bestanden habe. Denn allein

dem Pflanzenreich ist es eigen den Kohlenstoff aus der Kohlensäure der Atmosphäre auszuscheiden.

Die Gründe für die Verschiedenheit der ersten organischen Geschöpfe von den jetzt lebenden beruhen theils auf den allgemeinen Gesetzen der organischen Entwicklung überhaupt, theils auf dem Einfluss der äussern Verhältnisse auf Vegetation und thierisches Leben in jener Zeit. Bei aller organischen Entwicklung geht die Natur von einfachen Typen aus, die entweder als solche fortexistiren oder die nur Keime höherer Formen sind. Auch sind den niedern Pflanzen und Thieren meist die physiologischen Vorarbeiten für die Existenz der höhern organischen Wesen übertragen. Es sind vorzugsweise die niedern Formen des Pflanzenreichs, die die Gesteine aufschliessen und durch Bildung einer Humusdecke sie für die höhern Formen wohnlich machen. Die niedern Thiere sind grossentheils Nahrungsmittel der höhern, welche ohne Präexistenz der erstern nicht gedacht werden können. Wie sich die nieder und höher entwickelten Formen in den beiden organischen Reichen zu einander verhalten, so verhalten sich auch die beiden Reiche selbst zu einander. Das Pflanzenreich ist die Vermittlerin zwischen dem unorganischen und thierischen Leben und wird von letzterem vorausgesetzt.

Die organische Schöpfung der zweiten erdgeschichtlichen Periode hatte aber auch unter ganz andern Aussenverhältnissen zu leben als die heutige. Der grösste Theil der Erdoberfläche war mit Meer bedeckt, aus dem nur wenige kleine Inseln hervorragten. Daher rührt es, dass die damalige Flora zum Theil aus Meeresalgen bestand, aber im Allgemeinen sehr arm und einförmig ist und dass Landthiere selten sind. Das Klima war heiss, die Luft voll Feuchtigkeit, mit schweren Wolken verfinstert und ihre Mischung anders als heute. Es waren daher damals über die ganze Erde die gleichen Thiere und Pflanzen vertheilt, da keine klimatischen Unterschiede herrschten; die feuchte, umdunkelte Atmosphäre entsprach den schattenliebenden Farnkräutern und die Thierwelt konnte des Augenlichtes entbehren; die wenigen Landthiere jener Zeit sind sog. Nachtthiere, deren Organisation sie auf den Aufenthalt an dunkeln Orten anwies. Die chemische Beschaffenheit der Atmosphäre damaliger Zeit wich von der heutigen, namentlich durch den grössern Gehalt an Kohlensäure, ab. Seine Quelle war das Innere der Erde selbst, aus welchem, nur in viel grösserer Menge als heute, das kohlen-

saure Gas entströmte. Es war diess von grossem Einfluss auf die Lebensverhältnisse der urweltlichen Pflanzen und Thiere.

In Folgendem gehe ich speciell auf die Eigenthümlichkeit der beiden organischen Reiche in der zweiten geologischen Periode ein.

FLORA.

Die Hauptmasse derselben besteht aus Gefäss-Cryptogamen, baumförmigen Farren und Lycopodiaceen und grossen bis schenkeldicken Equisetaceen; ferner treffen wir Asterophylliten und Sigillarien, zwei Pflanzenfamilien, die mit dem Erlöschen der zweiten Periode auch für immer ausstarben.

Von nacktsamigen Phanerogamen sind schon spärliche Cycadeen, Nöggerathien und Coniferen vorhanden, während von bedecktsamigen die Dicotylen gänzlich fehlen und nur die Glumaceen und Palmen aus der Ordnung der Monocotyledonen spärlich vertreten sind.

Von blattlosen Cryptogamen treffen wir nur Algen, die schon im untersten Silurgebirg vorkommen. Andere Pflanzen treten erst mit dem devonischen System auf.

Der Charakter der Flora war also ein ganz anderer, als heutzutage: grosse Einfachheit und Armuth an Formen. Im Vergleich mit der Flora der Jetztzeit sind nur sehr wenige Familien, Gattungen vertreten und es spielen Pflanzentypen die Hauptrolle, die heute sehr untergeordnet und zurückgedrängt sind.

Die Vegetation beginnt im untersilurischen Gebirge mit wenigen Meeralgen und vermag sich im devonischen noch nicht über ein paar Gefässcryptogamen-Geschlechter zu erheben. Erst im Steinkohlengebirge beginnt sie reicher zu werden, sowohl an neuen und höherstehenden Klassen, als an neuen Familien, Gattungen und Arten schon vorhandener Klassen. Auch scheint in Beziehung auf Individuenzahl die Vegetation zur Zeit der Kohlenformation einen bedeutenden Aufschwung genommen zu haben.

Charakteristisch für die ganze Periode ist die grosse Armuth an bedecktsamigen Phanerogamen und das gänzliche Fehlen von Dicotyledonenpflanzen. Ferner das Ueberwiegen der Farrenkräuter, nicht nur über die ganze übrige Flora, sondern sogar über die Anzahl der heute lebenden Farren. Die Lycopodiaceen und Equisetaceen der paläozoischen Formation sind auch durch ihre Form und Riesengrösse von den jetzt noch lebenden Repräsentanten die-

ner Familien wesentlich verschieden, wie auch für einige Familien der Gefässcryptogamen jener Zeit gar keine Repräsentanten mehr leben.

Die paläozoische Flora setzt ein heisses Clima voraus und lässt sich noch am ehesten mit der Flora der sumpfigen Inseln der Südsee vergleichen.

FAUNA.

Mit Ausnahme einiger Sumpf-Muscheln und der uferbewohnenden Reptilien, besteht sie blos aus Meerthieren und die niedern Wirbellosen sind die bei weitem vorherrschenden.

Während die Infusorien noch selten sind, ist das Vorkommen der Polypen schon ein sehr häufiges. Es müssen schon ganze Korallenbänke in dem paläozoischen Meere existirt haben. Die Polypen sind der Mehrzahl nach Blumencorallen und von denen späterer Perioden so wie von den jetzt lebenden wesentlich verschieden.

Die Strahlthiere beginnen gleich in grosser Häufigkeit im Uebergangsgebirge und nehmen in den beiden übrigen paläozoischen Formationen wieder ab. Ueberwiegend sind es Stylastriten. Die Ringelwürmer sind im Vergleich mit spätern Perioden noch sehr sparsam vertreten.

Dagegen sind die Weichthiere ausserordentlich häufig und bilden weitaus die Mehrzahl aller damals lebenden Thiere. Sehr bezeichnend ist das gewaltige Vorherrschen der Brachiopoden, die zum Theil hier in ganz eigenen Gattungen vorkommen. Sie werden schon im permischen Gebirge weit seltener. Von Pelecypoden kommen nur wenige Sippen vor, ebenso von Gasteropoden. Von grösster Bedeutung sind die Cephalopoden, namentlich die Goniatiten und die ganze Familie der Nautilinen, die, Nautilus ausgenommen, in keiner spätern Periode der Schöpfung wiederkehren.

Gleiches Schicksal theilen die Trilobiten, die im silurischen Gebirge in der grössten Menge und Mannigfaltigkeit auftreten, im devonischen und Kohlen-Gebirge stetig abnehmen, um dann ganz aus den Reihen der Thierwelt zu verschwinden. Aus der Klasse der Arachniden ist besonders der berühmte Scorpion des böhmischen Steinkohlengebirges interessant. Die spärlichen Insektenreste des Steinkohlengebirges sind ebenfalls äusserst wichtige Zeugen für die Zustände jener Zeit. Sie beschränken sich auf einige Exemplare aus der Familie der Curculioniden, auf einige Netzflügler aus der Familie der Termitinen und einige Libellen.

Wirbelthiere kommen nur aus den zwei niedersten Klassen der Fische und Saurier vor. Freilich sind auch Fussspuren von Vögeln gefunden worden.

Die Fische finden sich schon im silurischen Gebirge, aber nicht in dessen untersten Schichten. Es sind diess meist nur Zähne und Flossenstacheln (Ichthyodorulithen) von Placoiden und Ganoiden. In den spätern Ablagerungen werden die Fische noch häufiger; höhere Ordnungen als Placoiden (Cestracionten und Hybodonten) und Ganoiden kommen nicht vor. Die letztern sind alle Heterocerken.

Die Amphibien treten (Schildkrötenfährten im Devongebirge abgerechnet) erst im Steinkohlengebirge auf und kommen im permischen ebenfalls vor. Sie gehören alle der Ordnung der Saurier an.

Säugethiere waren in der paläozoischen Periode nicht vorhanden.

II. Plutonische Gebilde des zweiten Zeitraumes.

Genau beobachtete Thatsachen setzen ausser Zweifel, dass die plutonischen Bewegungen im Innern der Erde mit der Bildung der alten Granite, Syenite und Feldsteinporphyre noch nicht beendigt waren, sondern dass auch in der zweiten geologischen Periode plutonische Ausbrüche noch sehr häufig und in sehr grossartigem Massstabe stattfanden. Die folgenden Naturerscheinungen liefern die Beweise hiefür.

In die Gesteine des Uebergangs- und Steinkohlen-Gebirges dringen sehr häufig und an sehr verschiedenen Stellen der Erde Gänge und Stöcke plutonischer Gebilde ein. Es ist offenbar, dass diese plutonischen Durchbrüche erst nach Ablagerung des Uebergangs- und Steinkohlen-Gebirges erfolgten, dass sie jünger sind als diese neptunischen Ablagerungen, und dass also Ausbrüche plutonischer Massen auch nach Beendigung des ersten geologischen Zeitraumes stattfanden.

Wenn nun aber auch aus diesen Erscheinungen hervorgeht, dass es jüngere plutonische Gebilde gibt als jene der ersten Periode, so beweisen die erwähnten Thatsachen doch noch nicht, dass die plutonischen Gänge und Stöcke wirklich im zweiten Zeitraum in das Uebergangs- und Steinkohlen-Gebirge eindrangen; es könnte diess auch in einer spätern geologischen Periode, in der dritten,

vierten, fünften geschehen sein. — Die folgende Erscheinung führt aber den strengen Beweis, dass der plutonische Ausbruch wirklich im zweiten Zeitraum stattfand. Die Gänge jener jüngern plutonischen Gesteine durchsetzen nur das Uebergangs- und Steinkohlen-Gebirge, sie dringen nicht mehr in das unmittelbar darüber befindliche Todtliegende ein. — Offenbar war also das Todtliegende noch nicht abgelagert als die Gänge und Stöcke der jüngern plutonischen Gebilde durchbrachen, sonst hätten diese auch das Todtliegende durchsetzen müssen. Der Ausbruch dieser jüngern Feuergesteine fällt also in die Zeit nach Ablagerung des Steinkohlen-Gebirges, und vor der Bildung des Todtliegenden, somit in die zweite geologische Periode.

Die plutonischen Ausbruchs-Gesteine des zweiten Zeitraums sind: die jüngern Granite, der Quarz-Porphyr, der Diorit, Gabbro und Hypersthenfels.

Jüngere Granite.

Die mineralogischen Merkmale der Granite des zweiten geologischen Zeitraums stimmen im Allgemeinen ganz mit jenen der alten Granite überein. Man kann also an der petrographischen Beschaffenheit die jüngern Granite von den alten nicht mit Sicherheit unterscheiden. Ihre Bestandtheile sind ganz dieselben, die Färbungen des Feldspaths und Glimmers sind sehr verschiedenartig, und auch in Beziehung auf die Grösse des Korns zeigen die jüngern Granite wie die alten ein ganz abweichendes Verhalten unter sich, so dass sie bald sehr feinkörnig, bald von mittlerem Korn, bald ganz grobkörnig auftreten. Es verdient indessen doch bemerkt zu werden, dass die grobkörnigen, porphyrartigen Granite mit grossen Feldspath-Krystallen, nach zahlreichen Beobachtungen, in der Regel zu den alten Graniten des ersten Zeitraums gehören, während die ganz grosskörnigen Granite mit Feldspath- und Quarzbrocken von mehreren Zoll bis zu mehreren Fuss im Durchmesser und mit grossen Glimmerblättern, so wie die Schriftgranite, immer zu den jüngern Graniten zu gehören scheinen, also plutonische Gesteine der zweiten Periode sind.

Wenn nun auch aus der mineralogischen Beschaffenheit der Granite im Allgemeinen ihr geologisches Alter nicht zu erkennen ist, so wird diess doch in bestimmten, einzelnen Gegenden möglich. Es bieten nämlich die Granite gewisser Gegenden beson-

dere Abänderungen dar, welche man leicht wieder erkennt. Hat man nun an einem Orte ermittelt, welcher geologischen Periode diese oder jene Abänderung angehöre, so kann schon das Auftreten der nämlichen Granit-Abänderung an einer andern Stelle derselben Gegend, wo die Altersverhältnisse nicht so genau zu Tage liegen, den Schluss gestatten, dass der nämliche Granit auch in die nämliche geologische Periode zu stellen sei. Man darf also den mineralogischen Merkmalen wenigstens örtlichen Werth zuschreiben.

Den sichern Beweis, dass Granite zu den jüngeren und in die zweite geologische Periode gehören, liefern die bereits oben erwähnten Thatsachen, dass Granite gang- und stockförmig ins Uebergangs- und Steinkohlen-Gebirge eindringen, aber nicht mehr ins Todtliegende (Schwarzwald, Harz, Böhmen, Frankreich, England).

Hat man diese Thatsache ermittelt und findet man in derselben Gegend Granite in ganzen Bergen mit ganz den nämlichen Merkmalen, wie sie die Ganggranite zeigen, so darf man hieraus schliessen, dass auch jene Gebirgsgranite zu den jüngern gehören.

Die Art des Auftretens der jüngern Granite ist ganz dieselbe wie jene der alten. Sie erscheinen wie diese in grossen Bergen und Gebirgszügen, dann in Gängen und Stöcken.

Die Verbreitung der jüngern Granite wurde bereits bei dem Vorkommen der alten Granite angegeben. Es ist nämlich sehr häufig noch nicht näher ermittelt, ob die Granite der verschiedenen früher erwähnten Länder zu den ältern oder jüngern gehören, und häufig auch treten in den früher bezeichneten Granitgebieten beide, die alten und jungen Granite nebeneinander auf. Diess ist namentlich der Fall in Deutschland: im Schwarzwald, am Harz (wo die jüngern Granite fast ausschliesslich erscheinen), im Thüringerwald, in Sachsen, im sächsischen und böhmischen Erzgebirge u. s. w.; ferner in Frankreich und in England.

(Ob auch Feldstein-Porphyre im zweiten geologischen Zeitraume durchbrachen, ob man also auch bei diesen Gesteinen jüngere und ältere geologisch unterscheiden müsse, verdient noch näher untersucht zu werden.)

Quarz-Porphyr.

(Rother quarzführender Porphyr.)

Dieses Gestein besteht aus einer Grundmasse, einem Teig von dichtem Feldstein, in welchem einzelne Körner und Krystalle von Quarz, öfters noch zugleich Feldspath-Krystalle zerstreut liegen.

Die Grundmasse der Quarz-Porphyre ist fast immer roth, hellroth bis braunroth, durch Beimischung von Eisenoxyd. Manchmal zeigt der Feldsteinteig eine braunrothe ins Violette stechende Farbe durch Mangangehalt, bisweilen eine graue und schmutzig grüne durch Eisenoxydul, hier und da hält er nur Spuren von färbender Beimischung und ist dann weiss oder schmutzigweiss. Manchmal sind diese Porphyre mehrfarbig, gefleckt und gestreift. Sie besitzen eine dichte Structur, die jedoch zuweilen ins Erdige übergeht, wodurch die Felsart dann einem (rothen) Thonstein ähnlich wird. Man hat diese Abänderung Thonstein-Porphyr oder Thonporphyr genannt. — In der dichten Grundmasse der Quarzporphyre zeigen sich mehr oder weniger häufig zerstreute Körner, nicht selten doppelt sechsseitige Pyramiden von Quarz, welcher durch die meist grauliche Farbe, den Glasglanz und die Härte leicht zu erkennen ist. — Oefters treten neben dem Quarz in dem Feldsteinteig noch Krystalle von Feldspath auf, gewöhnlich von weisser oder hellrother Farbe, meistens nicht gross und häufig verwittert. — Bisweilen nimmt der Quarzporphyr als Uebergemengtheil Glimmerblättchen auf, und erhält dann Aehnlichkeit mit porphyrartigem Granit, von welchem er sich aber durch die dichte nicht körnige Beschaffenheit der Grundmasse ganz gut unterscheiden lässt. — Manchmal fehlen in dem Quarzporphyr stellenweise die Quarzkörner und Feldspathkrystalle gänzlich; die Felsart wird dann zu einer Masse von dichtem Feldstein oder wenn sie verwittert ist zu einem Thonstein. — In andern, wiewohl nicht häufigen Fällen ist Quarz in so reichlicher Menge vorhanden, dass er in die Grundmasse einschmilzt und dieser die Beschaffenheit eines Hornstein-Porphyrs ertheilt.

Die Quarzporphyre besitzen bisweilen Mandelstein-Struktur, d. h. sie sind von einer Menge Höhlungen oder Blasenräumen erfüllt, wodurch sie ein schlackiges Aussehen erhalten.

In Begleitung des Quarzporphyrs und in Höhlungen, Drusenräumen desselben findet man häufig verschiedene Quarz-Mineralien, so namentlich: Jaspis, Hornstein, Eisenkiesel, Chalcedon, Carneol, Plasma, Amethyst, Bergkrystall und gemeinen Quarz, dann Gemenge dieser Mineralien, sog. Achat in rundlichen Knollen, Achatkugeln. — Der Quarzporphyr enthält ferner bisweilen durch Verwittern des Feldsteins gebildete grössere Einlagerungen von Thon, welcher theils roth, theils weiss, theils buntfarbig ist und zur Bereitung verschiedener Thonwaaren, namentlich des Steingutes

findet er sich im Veltlin, in England, Schweden, Grönland, am Ural in Russland und in Nordamerika, besonders auf der Insel St. Paul.

Anhang.

Aphanit.

(Grünstein. Trapp. Diabas. Porphyrartiger Diorit.)

Er ist noch nicht genau untersucht, daher herrscht grosse Vagheit in der Bestimmung dieses Gesteins.

Seine Grundmasse bildet ein Feldspath, in welchen Hornblende, zum Theil vielleicht Augit, so innig eingeschmolzen ist, dass die Bestandtheile nicht sichtbar sind (analog wie beim Basalt und Dolerit).

Der Feldspath soll theils Albit, theils Oligoklas, theils Labrador, nicht aber Kalifeldspath sein; damit ist nun Hornblende (Augit?) so innig verschmolzen, dass ein schwarzes, graues, auch grünliches und schmutziggrünes Gestein (fast immer von körniger Struktur) entsteht.

Zufällige Einmengungen, die besonders häufig vorkommen, sind: Schwefelkies, Kalkspath, Chlorit, Glimmer etc. Ihr Ursprung ist aber erst secundär.

Art des Auftretens. — Massig oder plattenförmig. Nicht in ganzen Bergen, nur in Gängen und Stöcken.

Verbreitung. — Nicht sehr häufig. In allen grössern plutonischen Gebieten.

Geologische Verhältnisse der jüngern Ausbruchsgesteine.

Vor Allem müssen wir die Beobachtungen kennen lernen, welche über das geologische Alter dieser Gesteine Aufschluss geben.

Diorit, Gabbro, Hypersthenfels, Aphanit, dann besonders häufig jüngere Granite und Quarzporphyre bilden Gänge im Uebergangs- und Steinkohlen-Gebirge; nie hat man aber Gänge dieser Gesteine in dem Todtliegenden wahrgenommen.

Das Uebergangs- und Steinkohlen-Gebirge tritt öfters in der unmittelbaren Nähe dieser Gesteine auf, demungeachtet aber kommen keine Gerölle derselben in den Conglomeraten jener neptunischen Gebilde vor.

Dagegen findet man sehr häufig Gerölle von jüngerem Granit und Quarzporphyr in den Conglomeraten des Todtliegenden.

Aus diesen Thatsachen geht auf das Klarste hervor, dass der Ausbruch der erwähnten plutonischen Gebilde nach der Ablagerung des Steinkohlen-Gebirges und vor der Bildung des Todtliegenden erfolgte.

Endlich mögen noch einige Thatsachen angeführt werden, welche zwar nicht zur genauern Bestimmung der geologischen Epoche dienen können, während welcher die beschriebenen jüngern plutonischen Gebilde hervorbrachen, die aber jedenfalls beweisen, dass jene Gesteine jünger sind, als die plutonischen Felsarten des ersten Zeitraums.

Die jüngern plutonischen Gebilde schliessen bisweilen Bruchstücke, eckige Brocken von ältern plutonischen Gesteinen ein. So findet man ziemlich häufig Einschlüsse von Granit in Quarz-Porphyr und manchmal Einschlüsse von Feldstein-Porphyr in Aphanit. Die eingeschlossenen Brocken sind innig mit dem Hauptgestein an ihren Rändern verbunden. Offenbar befanden sich die Quarz-Porphyre und Aphanite bei ihrem Durchbruch im geschmolzenen Zustand; sie trafen auf ihrem Wege schon fest gewordene ältere Granite und Feldstein-Porphyre, rissen Brocken dieser Gesteine los und hüllten sie in ihre geschmolzene Grundmasse ein.

Diorit, Gabbro, Aphanit und Quarz-Porphyr bilden Gänge in ältern Graniten. Besonders häufig sieht man, dass Quarz-Porphyr Gänge und Stöcke im Granit bildet (Allerheiligen, Triberg); ob ein Theil dieser von Quarz-Porphyr durchsetzten Granite noch zu den jüngern gehöre, ist häufig schwer zu bestimmen.

Nicht selten findet man das Uebergangs- und Steinkohlen-Gebirge in der Nähe der jüngern plutonischen Gebilde auffallend dislocirt und mit aufgerichteten Schichten seiner Gesteine.

Ueber das geologische Alter des Diorits, Gabbros, Hypersthenfels, Aphanits, des jüngern Granits und Quarz-Porphyrs im Verhältniss dieser Gesteine zu einander hat man bis jetzt nur wenige hinreichend genaue Beobachtungen gemacht. Es verdient jedoch erwähnt zu werden, dass nach Hausmann am Harz der Gabbro von jüngerm Granit gangförmig durchsetzt wird, so dass also dort der Ausbruch des Gabbros vor jenem der jüngern Granite erfolgte.

Beweise für die plutonische Bildung der jüngern

Ausbruchs-Gesteine sind nach dem, was bereits hierüber bei der Geschichte des ersten geologischen Zeitraums gesagt wurde, nicht mehr nöthig. Alle Thatsachen, welche dafür sprechen, dass die alten plutonischen Gesteine Feuererzeugnisse sind, finden auch bei den jüngern plutonischen Gebilden buchstäbliche Anwendung.

Wirkungen der plutonischen Ausbrüche im zweiten Zeitraum.

Das Hervorbrechen grosser plutonischer Massen, nachdem die Erdoberfläche schon mit festen Gesteinen in bedeutender Mächtigkeit bedeckt war, hatte grossartige Umwälzungen, zerstörende Katastrophen zur Folge. Die Erscheinungen, welche wir gegenwärtig noch an vielen Gesteinen des ersten und zweiten Zeitraumes wahrnehmen, belehren uns in sehr befriedigender Weise über die furchtbaren Natur-Ereignisse, welche jene ungeheuern plutonischen Bewegungen begleiteten. Es ist von hoher Wichtigkeit für Geologie diese Natur-Ereignisse kennen zu lernen; sie geben uns höchst interessante Aufschlüsse über einen merkwürdigen Theil der Urgeschichte unseres Planeten. Fassen wir daher diese geologischen Erscheinungen näher in's Auge.

Die ungeheuern Bewegungen im Innern der Erde, wodurch das Hervorbrechen der grossen plutonischen Massen veranlasst wurde, brachte einen ausserordentlich heftigen Druck auf die bereits vorhandene feste Erdoberfläche hervor. Druck in der zweiten Periode noch heftiger als in der ersten, weil Wasser da war. Dadurch wurden die festen Gesteine in ganzen Gebirgs-Massen von ihrem Platze gedrückt, die ursprünglich horizontalen Schichten neptunischer Ablagerungen aufgerichtet, also in eine geneigte Lage versetzt und die verschiedenen Gebilde zu ganzen Bergen und Gebirgszügen in andere grössere Höhenlagen versetzt. Ebenso wurden die noch weichen, geschmolzenen plutonischen Massen durch den ungeheuern Druck, welcher in der Tiefe auf sie wirkte, aus dem Innern der Erde hervorgepresst und oft bis zu bedeutender Höhe zu Tage gebracht. Die Hauptwirkung dieser plutonischen Bewegungen bestund also in einer Emporhebung der theils festen, theils noch weichen Gebilde. Diese für die ganze Geologie hochwichtige Thatsache, welche wir vorzugsweise den zahlreichen und sorgfältigen Beobachtungen von Leopold von Buch verdanken, gab zur Feststellung der Hebungs-Theorie Anlass, zu deren nähern Begründung nun der passendste Ort scheint.

Theorie der Gebirgshebungen.

1. Beweise der Hebung.

Dafür, dass nicht nur Hebungen kleinerer Gesteins-Massen, sondern ganzer Berge und Gebirgszüge statt fanden, sprechen theils Beobachtungen in geschichtlicher Zeit, theils Erscheinungen, welche man in den alten, in vorgeschichtlichen Perioden entstandenen Gebirgen wahrnimmt.

A. Hebungen in geschichtlicher Zeit.

Man kennt ziemlich zahlreiche Beispiele, dass unter den Augen vieler Menschen ganze Berge aus dem Innern der Erde hervortraten und öfters bis zu bedeutender Höhe emporgehoben wurden. Ich beschränke mich darauf, hier nur einige besonders beachtenswerthe Fälle anzuführen *.

Zu den grossartigsten Beispielen von Bildung ganzer Berge in geschichtlicher Zeit gehört die Emporhebung des Vulkans Jorullo in Mexiko. Dort fanden im Jahr 1759 in einer mit Zuckerpflanzungen bedeckten, ziemlich bevölkerten Ebene mehrtägige heftige Erdbeben statt. Während derselben traten zuerst Hunderte von kleinen vulkanischen Kegeln, die sog. Hornitos aus der Erde hervor. Endlich stieg unter den furchtbarsten Erderschütterungen aus einer mächtigen Spalte der ganze Jorullo empor, 1600′ über die Ebene, 4000′ über dem Meer.

Ferner erwähne ich noch die Hebung der Ruinen des Serapis-Tempel bei Puzzuoli unweit Neapel, nicht wegen der Grossartigkeit des Phänomens, sondern weil dasselbe sehr häufig angeführt wird und schon desshalb gekannt zu sein verdient. Die Säulen der Tempel-Ruine, die am Meeresufer liegt, sind in einer Höhe von 32′ von den Wellen abgespült und mit den Schaalen von Bohrmuscheln (Balanus sulcatus) bedeckt, zum Theil von diesen Muscheln angebohrt. Offenbar fand zuerst, in Folge von Erdbeben, welche in dieser vulkanischen Gegend nicht selten sind, eine Senkung statt, wodurch die Säulen des Tempels wenigstens 32′ tief unter die Meeresfläche zu stehen kamen und in dieser Tiefe blieben sie geraume Zeit. Später erfolgte dann wieder eine Emporhebung der Ruine, durch welche sie ihre jetzige Stellung erhielt.

* Eine ausführliche Zusammenstellung hieher gehöriger Beispiele findet man in dem Werke von Hoff: Geschichte der durch Überlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche. 5 Bände. Gotha 1822—1841.

Die bisher angeführten Beispiele bilden Fälle, in welchen die in geschichtlicher Zeit erfolgte Hebung rasch und gewaltsam eintrat. Nun will ich noch ein wichtiges Beispiel einer ganz langsam, nicht stossweise erfolgenden Hebung anführen.

Seit mehr als hundert Jahren beobachtet man, dass die Nordküste von Schweden, besonders am bothnischen Meerbusen, sich langsam emporhebt. Orte, die früher am Meere lagen, befinden sich jetzt mehr oder weniger hoch über demselben und frühere Meeresbuchten sind nun festes Land. An Felsen unweit der Küste hängen hoch über dem Meeresspiegel Muscheln, ganz übereinstimmend mit jenen, welche gegenwärtig noch in dem dortigen Meere leben. — Diese Thatsache wurde zuerst genauer wissenschaftlich von Leopold von Buch untersucht und später allgemein bestätigt. Man schrieb sie vor jenem Beobachter einem Rückzuge des Meeres, nicht einer Hebung des Landes zu. Dass aber die merkwürdige Erscheinung nicht eine Folge des sich zurückziehenden Meeres sein könne, geht, abgesehen von allgemeinen Gründen, schon ganz klar aus folgenden Umständen hervor. Das Emporsteigen des Landes ist sehr ungleichförmig, in einigen Gegenden ziemlich beträchtlich, in andern kaum merklich; im südlichen Schweden sinken sogar einige Theile der Küste langsam unter das Meer. Wenn ein Rückzug der Gewässer statt fände, so müsste natürlich das Hervortreten des Landes überall in gleicher Höhe geschehen und die Annahme von einem solchen Rückzug würde nothwendig zu dem Schlusse führen, dass das Meer in jener Gegend an einzelnen Stellen (im südlichen Schweden) steigt und an andern Stellen (im nördlichen Schweden) sinkt, was ganz undenkbar ist. Es bleibt also nichts übrig, als jene Erscheinung einer langsamen, allmähligen Hebung des Landes zuzuschreiben. — Wenn langsame Hebungen gegenwärtig noch stattfinden, so ist wohl der Schluss erlaubt, dass solche auch in urweltlicher Zeit sich ereignet haben. Wir wissen, dass man in der Geologie nach langen Reihen von Jahrtausenden zählt. Nun liegt es auf der Hand, dass wenn eine langsame Hebung viele Jahrtausende hindurch fortdauerte, sie im Laufe der Zeiten eine sehr bedeutende Veränderung der Erdoberfläche hervorbringen musste und dass schon durch solche allmählige Hebungen bedeutende Berge entstanden sein konnten.

B. Hebungen in vorgeschichtlicher Zeit.

Die Thatsachen, aus welchen geschlossen werden darf, dass Gebirge in urweltlicher Zeit durch Emporhebungen ihrer Gesteins-Massen gebildet wurden, sind so schlagend, so überzeugend, dass auch diese Thatsachen die triftigsten Beweise für die Hebungs-Theorie liefern. Die wichtigsten hieher gehörigen Naturerscheinungen sind folgende:

a. Die Schichten neptunischer Gesteine liegen sehr häufig nicht wagrecht, sondern mehr oder weniger stark geneigt, ja bisweilen stehen sie ganz senkrecht. — Augenscheinlich befinden sich diese geneigten Schichten nicht mehr in ihrer ursprünglichen Lage; sie sind entweder in die Höhe gedrückt, aufgerichtet worden oder aber sie haben sich gegen die Tiefe gesenkt. Diese Schlussfolgerung wird durch sehr einfache Thatsachen zu einer nothgedrungenen. — Man beobachtet nämlich, dass wenn das Wasser (an den Ufern des Meeres oder grosser Seen und an den Ausmündungen beträchtlicher Ströme) Gesteine absetzt, diese sich immer so ablagern, dass ihre Schichten entweder ganz wagrecht oder nur sehr wenig geneigt liegen, nie aber unter einem starken Winkel gegen die Ebene einfallen.

Man findet ferner neptunische Conglomerate mit Strömungs-Geröllen, deren Schichten sehr stark geneigt sind, so dass die Gerölle auf einer schiefen, sehr steil abfallenden Ebene liegen. Augenscheinlich hat sie die Strömung nicht in dieser Weise ursprünglich zusammen geschwemmt. Wenn sich aus heftig bewegten Wassern Gerölle absetzen, so bleiben diese nicht an einem stark geneigten Abhange liegen, sondern sie sammeln sich auf einer mehr oder weniger wagrechten Ebene. Die oben erwähnte Erscheinung von Geröll-Conglomeraten mit sehr stark aufgerichteten Schichten beweist daher auf das Klarste, dass diese Schichten eine spätere Veränderung ihrer ursprünglichen Lage erlitten haben.

Ganz denselben Schluss muss man aus der Lage der Versteinerungen in stark geneigten Schichten ziehen. Dort liegen nämlich Pflanzenreste, die Stengel von Strahlthieren, flache Muscheln, Ammoniten, Belemniten, Orthoceratiten u. s. w. parallel der Neigung der Gesteine, d. h. in derselben Richtung, in welcher die Schichte sich neigt, neigt sich auch die Versteinerung gegen eine wagrechte Ebene. Offenbar haben sich diese organi-

schen Reste nicht ursprünglich in dieser Lage auf die schiefen steil einfallenden Gesteins-Schichten abgesetzt; wie alle schweren Körper, die im Wasser zu Boden sinken, lagerten sie sich auf eine mehr oder weniger wagrechte Ebene ab. Dadurch nun, dass man sie nicht mehr in dieser Stellung findet, muss man nothwendig schliessen, dass auch die Schichten, in welchen man jene Versteinerungen antrifft, sich nicht mehr in ihrer ursprünglichen Lage befinden. — Es kann somit kein Zweifel sein, dass stark geneigte Schichten entweder Hebungen oder Senkungen erlitten haben.

Wie kann man nun den Beweis führen, dass jene Neigung durch einen Druck von unten nach aufwärts, also durch eine Hebung und nicht durch eine Senküng bewirkt wurde? — Diese Frage beantwortet sich durch ziemlich einfache geologische Betrachtungen.

Die grosse Höhenlage der Schichten-Köpfe kann schon als ein Beweis geschehener Hebung angesehen werden. — Hätte eine Senkung die Schichtenneigung bewirkt, so würden die höchsten Stellen der geneigten Schichten (die Schichtenköpfe) die frühere Höhe der ursprünglich wagrechten Schichten, also auch die Höhe des Wassers, angeben, aus welchem sich das neptunische Gestein ablagerte. Nun findet man aber diese Schichtenköpfe öfters in äusserst beträchtlichen Höhen, in den Alpen z. B. in einer Höhe von 9—10000′. Es ist schon an und für sich ganz abentheuerlich anzunehmen, der Wasserstand der urweltlichen Meere habe diese ausserordentliche Höhe erreicht. Aber auch ganz abgesehen davon, so spricht auf das Entschiedenste gegen eine solche Annahme schon die Betrachtung, dass ein Meer, dessen Oberfläche eine so ungeheure Höhe erreichte, fast die ganze Erde überdeckt hätte. Aus diesem Meere würden sich dann die Gesteine, welche man in jenen beträchtlichen Höhen findet, auch an zahllosen Stellen in niedrigern Gebirgen und in der Ebene abgesetzt haben. Die neptunischen Gesteine der Hochalpen namentlich müssten sich überall, wenigstens in den benachbarten Gegenden, finden, so in der nichtalpinischen Schweiz, im südlichen Deutschland, in Frankreich, in Italien. Diess ist aber nicht der Fall. Man ist somit nothwendig zu dem Schlusse geführt, dass die Neigung jener Schichten keine Folge von Senkungen sein könne, dass sie ursprünglich weit tiefer lagen und durch einen grossen Druck, der von unten nach aufwärts wirkte, zu

der beträchtlichen Höhe emporgehoben wurden, in welcher sie man jetzt findet.

Ein zweites Beispiel möge diese Schlussfolgerung noch klarer machen. Am Westabhange des südlichen Schwarzwaldes, im Breisgau, sieht man häufig die Schichten neptunischer Gesteine stark geneigt und ihre Schichtenköpfe in nicht unbeträchtlicher Höhe, z. B. am Schönberg bei Freiburg 2000′ hoch. Diese geschichteten Gesteine sind öfters von den benachbarten plutonischen Bergen nur durch ein kleines Thal getrennt. — Wenn die höchsten Punkte der geneigten Schichten die frühere Höhe des urweltlichen Meeres angäben, so würde dieses Meer auch die ganz nahe gelegenen plutonischen Berge bis zu einer Höhe von 2000′ überdeckt haben, in diesem Falle hätte es auch zuverlässig dort an zahlreichen Stellen neptunische Gesteine abgelagert. Man findet aber in jener Gegend auf den plutonischen Bergen auch nicht eine Spur der neptunischen Gesteine, welche die Vorberge und Hügel bilden. — Augenscheinlich muss man also aus dieser Thatsache schliessen, dass das Meer jene angegebene Höhe nicht erreichte; dass die geneigten Schichten ursprünglich viel tiefer stunden und mit ihnen das urweltliche Meer, dass endlich in einer spätern Zeit eine Emporhebung der neptunischen Gesteine bis zu der Höhe erfolgte, in welcher wir dieselben jetzt erblicken.

b. Zu ganz ähnlichen Schlüssen, wie durch die Schichten-Neigung, werden wir geführt durch die sehr verschiedene Höhenlage eines und desselben neptunischen Gesteines in derselben Gegend. Ein Beispiel wird diess besser erläutern als eine theoretische Auseinandersetzung. Im nördlichen Schwarzwald findet man Ablagerungen von buntem Sandstein am Westabhang des Gebirges im Rheinthal und am Ostabhang in Schwaben. Steigt man vom Rheinthale aus auf die Höhen der Schwarzwaldsberge, so geht man stundenweit auf plutonischen Gebilden, bis gegen den Gipfel der höchsten Gebirge; diese höchsten Bergkuppen aber sind nun auf einmal wieder von buntem Sandstein bedeckt. Die Ablagerung dieses Gebildes auf den Höhen ist von jenen am Ost- und Westabhang durch tiefe Thäler und ausgedehnte Gebirgsabhänge getrennt. Nirgends aber in diesen Thälern, nirgends an diesen Abhängen trifft man auch nur eine Spur von Sandstein. — Augenscheinlich befindet sich der bunte Sandstein auf den Gipfeln der Berge nicht mehr in seiner ursprünglichen Höhenlage. Hätte

waren und in späterer Zeit erst durch Hebungen an ihre jetzige Stelle gelangten.

f. Endlich mögen hier noch die Reibungsflächen (Rutschflächen, Spiegelflächen) erwähnt werden, welche zwar keine strengen Beweise für die Hebungen, wohl aber für die Erschütterungen, Bewegungen der Berge liefern, wovon die Hebungen begleitet waren.

Man beobachtet nicht selten, dass die Gesteine entweder an ihrer Oberfläche, oder aber und weit häufiger nicht zu Tage, da wo getrennte Gesteinsplatten sich berühren (auf ihren Ablösungs- oder Ablosungs-Flächen) glatt abgerieben sind. Die abgeriebenen Flächen sehen häufig wie polirt, spiegelblank aus; in andern Fällen, wenn die Reibung minder heftig war, sind sie weniger glänzend. Sehr häufig sieht man diese glatten Flächen mit Streifen und Furchen bedeckt, welche zwar meistens in der Richtung des Gebirgs-Abhanges laufen, aber nicht selten auch eine andere Richtung annehmen, so dass die Streifen sich unter mannigfaltigen Winkeln durchkreuzen. — Die aufeinander liegenden Gesteins-Platten oder Schichten zeigen diese polirten Flächen in der Weise, dass die eine Platte auf ihrer obern, die andere auf ihrer untern Fläche polirt ist; Platte und Gegenplatte sind einander zugekehrt.

Augenscheinlich kann diese interessante Erscheinung nur durch eine heftige Reibung der Gesteine an einander erklärt werden. — Diese Reibung fand nicht blos an der Oberfläche der Berge statt, sondern öfters durch ein ganzes Gebirge hindurch bis in beträchtliche Tiefe, da man die Reibungsflächen auch und vorzugsweise unter Tag antrifft. Es müssen also in der Urzeit sehr heftige Erschütterungen, grosse Bewegungen ganzer Berge eingetreten sein, wodurch die bereits festgewordenen Gesteine, da wo sich ihre Platten von einander trennen und wieder berühren, sich heftig an einander rieben, dadurch polirten und in der Richtung, nach welcher die Bewegung stattfand, furchten und streiften. — Wenn nun hieraus klar wird, dass ganze Berge in Bewegung geriethen, so kann diese Thatsache wenigstens als ein untergeordneter Beleg, als ein Nebenbeweis für geschehene Hebungen betrachtet werden; wo so heftige Katastrophen eintraten, konnten diese auch Emporhebungen zur Folge haben, und diess wird um so wahrscheinlicher, als heutzutage noch heftige Erschütterungen, grosse Erdbeben nicht selten von Hebungen begleitet werden *.

* Die Reibungsflächen sind nicht zu verwechseln mit den Wasserglättungen und Eisschliffen, wovon später die Rede sein wird.

2. Art der Hebung.

Beobachtungen, welche wir heutzutage noch bei vulkanischen Bewegungen zu machen Gelegenheit haben und verschiedene Erscheinungen, welche in vorgeschichtlicher Zeit gehobene Berge darbieten, geben uns ein gutes Bild über die Art, wie die Hebungen erfolgten.

Jeder Emporhebung von Gesteinsmassen, ausgenommen wenn dieselbe ganz langsam, nur allmählig erfolgte, ging eine Erderschütterung voraus. — Diese Erderschütterung war so heftig, dass sich der Boden oft in bedeutender Längen- und Breiten-Erstreckung und bis zu grosser Tiefe spaltete; es erfolgte also gewöhnlich bei den Hebungen eine Spalten-Bildung. — Der Druck aus dem Innern gegen die Oberfläche hob nun die Ränder der Spalte empor, und sehr häufig geschah es, dass aus der Spalte selbst neue Gesteine oft in ganzen Bergen und Gebirgszügen zu Tage traten, die Hebung hatte also einen Gesteins-Ausbruch zur Folge.

Es ist begreiflich, dass die grossen Erschütterungen am häufigsten Spalten bildeten, welche mehr in die Länge gezogen als breit waren. So erklärt es sich, warum auch die Gebirge, die aus solchen Spalten und an deren Rändern emporgehoben wurden, so oft eine grössere Ausdehnung in die Länge als in die Breite haben, warum die Ketten-Gebirge so häufig sind. — Hatte die Spalte nicht vorzugsweise eine Ausdehnung in die Länge, so erhielten auch die aus ihr hervorgetretenen Berge eine solche Form, es bildeten sich die viel seltneren Massen-Gebirge.

Häufig beobachtet man, dass die Hebung an einer Stelle mit weit grösserer Kraft wirkte, als an einer andern. Die Folge davon war, dass an dieser Stelle ausgedehntere und höhere Gebirge zu Tage kamen. Um diese höhern Berge gruppiren sich dann öfters die niedrigern wie um einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt. Solche Hebungs-Mittelpunkte beobachtet man in jedem grössern Gebirgszuge, und nicht selten sind sie nicht blos durch die Ausdehnung und Höhe der Berge bezeichnet, sondern auch durch das Auftreten eigener Ausbruchs-Gesteine. — Sind Berge oder Gebirge, welche Hebungs-Mittelpunkte bilden, von geschichteten neptunischen Ablagerungen umgeben, so fallen häufig die Schichten derselben rings um das Hebungs-Centrum nach Aussen ab, sie neigen sich

nicht dem Gebirge zu, sondern in entgegengesetzter Richtung von demselben.

Die Hebung wirkte öfters nicht nur an einzelnen Stellen mit besonderer Stärke, sondern es geschah manchmal, dass ein ganzer Gebirgszug in einer Gegend weit höher emporgedrückt wurde als in einer andern. Man beobachtet daher nicht selten, dass ganze Gebirgsketten nach einer Richtung hin sich besonders hoch erheben und nach einer andern weit niedriger bleiben.

Der Durchbruch gewisser plutonischer und vulkanischer Gebilde, welcher nur in gewissen Gegenden eines Gebirgszuges erfolgte, in andern nicht, veranlasste gerade in jenen Gegenden grössere Hebungen und daher auch beträchtlichere Höhe der Berge. — Selbst nachdem der Durchbruch des Feuergesteines schon längst beendigt war, traten gerade an der Stelle, wo früher dieser Durchbruch geschah, neue Hebungen ein, wodurch das Gebirge zu noch grösserer Höhe emporgedrückt wurde. Diess geschah ohne Zweifel darum, weil die hebenden Kräfte an den Stellen, wo schon frühere Hebungen geschehen waren, den Weg bereits gebahnt fanden und daher gerade dort mit um so geringerem Widerstand und also mit desto grösserer Kraft wirken konnten.

Die emporgehobenen Massen wurden manchmal in die Höhe gedrückt, während die Gesteine sich noch im weichen, geschmolzenen Zustand befanden; in andern Fällen aber erfolgte die Hebung, nachdem die Gesteine bereits fest geworden waren.

Nun fragt es sich, an welchen Merkmalen erkennt man, ob eine Hebung während des weichen oder während des festen Zustandes der Gesteine erfolgt sei?

Wenn ein plutonisches Gebilde im geschmolzenen Zustande zu Tage trat, so bewirkte es gewöhnlich Veränderungen an den festen Gesteinen, mit welchen es in Berührung kam. Die Nebengesteine zeigen sich theils nur in ihren physischen Eigenschaften (Härte, Absonderungs- oder Textur-Verhältnisse, spez. Gewicht u. s. w.) verändert; oder aber sie haben chemische Veränderungen erlitten, entweder indem sich die Bestandtheile des Nebengesteins in anderer Weise und unter sich vereinigten, oder indem Bestandtheile des plutonischen Gebildes in das Nebengestein eindrangen und dasselbe theils schon durch ihre Gegenwart veränderten, theils durch neu erzeugte chemische Verbindungen. — Die Berührung des weichen plutonischen Ausbruchs-Gesteins mit festen

Felsarten und seine Reibung an dem letztern während des Durchbruches hatte die Folge, dass eckige Bruchstücke der festen Gesteine losgetrennt und wieder zu Conglomeraten zusammen gekittet wurden. Solche Conglomerate unterscheiden sich durch ihre eckigen Trümmer auf den ersten Blick von den Strömungs-Conglomeraten, welche abgerundete Bruchstücke, Gerölle, enthalten. Man hat diese auf plutonischem Wege entstandenen Trümmergesteine sehr passend Reibungs-Conglomerate genannt. — Das im geschmolzenen Zustand emporgedrückte plutonische Gebilde umhüllte nicht selten Bruchstücke des durch die Reibung losgedrückten Nebengesteins und schloss dieselben in seine eigene Masse ein.

Wo diese Merkmale beobachtet werden, die physischen und chemischen Veränderungen des Nebengesteins, die Bildung von Reibungs-Conglomeraten, das Vorkommen von Einschlüssen, da darf man mit Zuverlässigkeit folgern, dass die Hebung des plutonischen Gebildes schon im geschmolzenen Zustand desselben eintrat. — Ein im weichen Zustande gehobenes plutonisches Gestein hat übrigens auch später, nachdem es längst erstarrt war, nicht selten neue und beträchtliche Erhebungen erlitten.

Schon der gänzliche Mangel aller Merkmale einer Hebung im weichen Zustand der Gesteine, lässt auf Hebungen bereits festgewordener Gebilde schliessen. Zu diesem Schlusse führen indessen nicht bloss negative Kennzeichen. Wenn das geologische Alter eines plutonischen Gebildes ermittelt ist und man darthun kann, dass dieses Gebilde in einem spätern, von seiner Erzeugung weit entfernten geologischen Zeitraum gehoben wurde, so folgt hieraus von selbst, dass diese Hebung eintrat, nachdem das plutonische Gestein längst erstarrt war. — Ebenso ist es von selbst klar, dass Hebungen neptunischer Ablagerungen, welche mit Schichten-Aufrichtungen und Dislocationen stattfanden, erst geschehen sein konnten, nachdem die gehobenen neptunischen Gebilde bereits zu festen Massen erhärtet waren. — Wo Reibungsflächen vorkommen musste natürlich die mit Hebung verbundene heftige Bewegung des Gebirges erfolgt sein, nachdem die Gesteine schon fest waren.

Die Hebung erfolgte bald rasch und stürmisch, bald langsam, allmählig. Wenn sie das neptunische Gebirge betraf, so geschah sie im ersten Falle mit Schichten-Aufrichtungen und Dislocationen, im zweiten Falle aber bewirkte sie gewöhnlich keine

Schichten-Aufrichtung. — Die Hebung wird dann nur durch Dislocationen der neptunischen Gebilde deutlich. — Bei stürmischen Hebungen fanden auch häufig grosse Zerstörungen der bereits vorhandenen Gebilde statt und bedeutende Veränderungen im ganzen Bau der Gebirge. Zu diesen Kennzeichen rascher, von grossen Erderschütterungen begleiteter Hebungen gehören: das Vorkommen grossartiger Trümmermassen, die in zahllosen Felsblöcken über die Berge zerstreut sind und den benachbarten anstehenden Gesteinen angehören; das häufige Vorkommen zerrissener, malerischer Felsen in Gestalt zackiger thurmförmiger Spitzen und steil abfallender hoher Wände; die Bildung tief eingeschnittener Spaltenthäler u. s. w.

3. Wirkung der Hebung.

Schon als von der Art die Rede war, wie die Hebung erfolgte, musste nothwendig einiges von den Wirkungen der Hebung gesagt werden. So wurde dort erwähnt, dass in Folge des Ausbruchs plutonischer Massen verschiedene theils physikalische, theils chemische Veränderungen an den Gesteinen bewirkt wurden, welche mit der empor gehobenen Felsart in Berührung kamen. Ebenso wurde dort von der Bildung von Reibungs-Conglomeraten gesprochen und von den Einschlüssen des Nebengesteins in die emporgedrungenen plutonischen Gebilde. Endlich wurden die Schichten-Aufrichtungen und Dislocationen neptunischer Ablagerungen erwähnt.

In Bezug auf die Veränderungen, welche geschichtete Gesteine durch die Wirkung der Hebungen erlitten, verdienen noch die folgenden weitern Thatsachen angeführt zu werden.

Bisweilen wurden durch den ungeheuern Druck während der Hebung die Schichten nicht nur aufgerichtet, sondern sogar übergestürzt, so zwar, dass dann die jüngern neptunischen Ablagerungen zu unterst und die ältern zu oberst zu liegen kamen. Sehr grossartige Beispiele dieser äusserst heftigen Wirkung der Hebungen sieht man in den Alpen.

In andern Fällen wurden die Schichten in der Weise gehoben, dass sie ein Gewölbe bildeten und bisweilen bewirkte die Hebung wellenförmige Biegungen und Krümmungen der Schichten, diese letztern wahrscheinlich zum Theil durch einen starken Seitendruck auf die noch nicht vollkommen erhärteten neptunischen Gesteine.

Ganz im Grossen betrachtet, bewirkten die Hebungen eine gänzliche Veränderung der Gestalt der Gebirge und dadurch auch der Gestalt der ganzen Erdoberfläche. Schon früher gehobene Berge erhielten durch spätere und wiederholte Hebungen eine weit beträchtlichere Höhe und eine ganz veränderte äussere Gestalt. Es bildeten sich durch diese wiederholten Hebungen bereits fester Gesteine die zerrissenen mauerförmigen und pyramidenartigen Gestalten theils zahlreicher Felsmassen, theils ganzer Berge und Gebirgszüge.

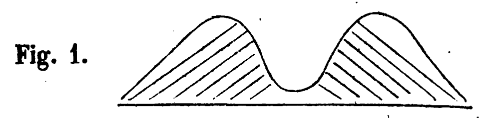
Eine besonders wichtige und grossartige Wirkung brachten die Hebungen ferner dadurch hervor, dass sie zur Bildung der Thäler Anlass gaben. — Betrachten wir jetzt die Art wie hiedurch die Thalbildung erfolgte etwas näher.

Theorie der Thalbildung. — Die grossen plutonischen und vulkanischen Bewegungen hatten die Bildung von Thälern in doppelter Weise zur Folge: entweder entstunden durch Hebungen Berge, deren Zwischenräume das Thal bilden und solche Thäler sind dann Erhebungs-Thäler. Oder aber es erfolgten durch die heftigen Erschütterungen während der plutonischen und vulkanischen Bewegung Zerreissungen, Berstungen der Gebirge, durch Einstürzen des Bodens bildeten sich grossartige Erdspalten; diese Thäler sind Spalten-Thäler.

a. Erhebungs-Thäler. — Bei der Erhebung von Feuergesteinen konnte es geschehen sein, dass die Berge nebeneinander empor gehoben wurden und dass dadurch Zwischenräume entstunden, welche jetzt das Thal bilden. Dass in dieser Weise durch Hebungen von Bergen nebeneinander Thäler entstunden, geht besonders deutlich aus Erscheinungen hervor, welche man an neptunischen Bergen wahrnimmt. Man beobachtet nämlich bisweilen, dass die Berge auf der einen Seite eines Thals aus plutonischen Gesteinen bestehen und auf der andern Seite aus neptunischen. Während nun die neptunischen Berge eine mehr oder weniger beträchtliche Höhe erreichen, findet man auf der plutonischen Thalseite keine Spur einer neptunischen Ablagerung. Es ist klar, dass die neptunischen Gebilde sich ursprünglich nicht in der Weise abgesetzt haben, wie man sie jetzt einen Theil des Thales bilden sieht; es ist klar, dass wenn das Wasser, welches die neptunischen Gesteine absetzte, so hoch gestanden wäre, als man diese jetzt auf der einen Seite des Thales antrifft, auch Ablagerungen der nämlichen

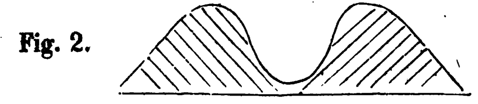
Gesteine auf der andern Thalseite hätten erfolgen müssen. Da man aber dort keine solchen Ablagerungen findet, so müssen augenscheinlich die Berge der neptunischen Thalseite durch eine Emporhebung an ihre jetzige Stelle gebracht worden sein. Ein in der beschriebenen Weise gebautes Thal ist also ein Erhebungs-Thal.

Fig. 1.



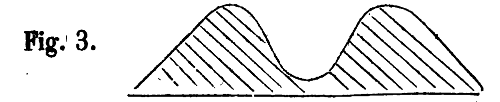
Bei manchen Thälern im neptunischen Gebirge liegen in den Bergen der beiden Thalseiten die Schichten so, dass sie vom Thal ab und in das Gebirge hineinfallen oder mit andern Worten, dass die Schichtenköpfe (die höchsten Punkte der geneigten Schichten) an beiden Thalwänden dem Thale zugekehrt sind (Fig. 1). Offenbar lagen die jetzt geneigten Schichten ursprünglich horizontal. Indem eine hebende Kraft ungefähr in der Mitte der Ablagerung wirkte, wurden die horizontalen Schichten so stark in die Höhe gedrückt, dass eine Berstung und ein Einsturz stattfand, wodurch das Thal gebildet wurde.

Fig. 2.



In einem andern Falle neigen sich im neptunischen Gebirge die Schichten an beiden Thalwänden dem Thale zu (Fig. 2), statt wie im vorigen Beispiele von diesem abzufallen. Hier hat offenbar eine hebende Kraft an beiden Endpunkten einer früher horizontalen Ablagerung gewirkt und, indem sie diese Endpunkte empor drückte, in der Mitte eine Senkung veranlasst, welche jetzt das Thal bildet.

Fig. 3.



Bisweilen kommen Thäler im neptunischen Gebirge vor, bei welchen die Schichten auf der einen Thalseite sich gegen das Thal hinneigen und auf der andern von demselben abfallen (Fig. 3). Hier wurde eine ursprünglich horizontale Ablagerung an einem ihrer Endpunkte und in der Mitte empor gehoben, dadurch ihr Zusammenhang zerrissen und ein Zwischenraum, das Thal, hervorgebracht.

Endlich lassen Dislocationen im neptunischen Gebirge auf die Bildung von Hebungs-Thälern in demselben schliessen. Wenn auf der einen Seite eines Thales eine neptunische Ablagerung bedeutend höher steht, als die nämliche Ablagerung auf der andern Thalseite, so ist es klar, dass das Gebilde sich nicht mehr in seiner ursprünglichen Höhenlage befindet und dass entweder eine Hebung oder eine Senkung die jetzt verschiedene Höhenlage des nämlichen Gesteins auf den beiden Thalseiten bewirkte. In den meisten Fällen wird eine nähere Untersuchung der örtlichen Verhältnisse den Beweis liefern, dass keine Senkung, sondern eine Hebung eingetreten sei und dass also ein Thal, welches solche Dislocationen zeigt, zu den Erhebungs-Thälern gehöre.

Auch im plutonischen Gebirge kommen sehr häufig Hebungs-Thäler vor, ja die meisten Thäler dieses Gebirges sind wohl zu solchen zu rechnen. Besonders deutlich wird die Gegenwart derselben, wenn auf beiden Thalseiten Berge aus verschiedenen plutonischen Gesteinen auftreten, z. B. auf der einen Thalseite Granit-, auf der andern Gneiss-Berge oder auf einer Seite Granit-, auf der gegenüber liegenden Porphyr-Berge. In solchen Fällen wird es klar, dass die Berge nebeneinander hervorgehoben wurden.

b. Spalten-Thäler. — Beim ersten Anblick erscheint es vielleicht auffallend, dass Erderschütterungen so ausserordentlich heftig gewesen sein können, um die Erdoberfläche in solcher Ausdehnung und Tiefe zu zerreissen, dass dadurch ganze Thäler entstunden. Es dürfte daher nicht unpassend sein, zuerst einige Beweise durch unmittelbare Beobachtungen solcher zerstörender Naturereignisse aus geschichtlicher Zeit beizubringen.

Bei dem Erdbeben auf Guadeloupe im Jahr 1843 wurden ganze Berge bis in grosse Tiefen gespalten und zertrümmert, so dass sich beträchtliche Thalschluchten bildeten. — Ein Erdbeben in Chili im Jahr 1822 brachte in den dortigen Granit-Bergen mehrere 1½ englische Meilen lange und dabei tiefe Spalten hervor, begleitet von grossen Zertrümmerungen der Granitfelsen. — Während des grossen Erdbebens in Calabrien im Jahr 1783 bildeten sich an vielen Stellen grosse Erdspalten und ein Kalksteinberg wurde durch eine über eine Stunde lange und sehr tiefe Schlucht in zwei Theile zerrissen. — Im Jahr 1777 öffnete sich während eines fürchterlichen Erdbebens ein ungeheurer Schlund, der die ganze Stadt Guatimala in Mexiko verschlang. — Im Kaukasus sank zu Folge eines Erd-

bebens im Jahr 1772 ein grosser Theil des Berges Metschik in den Abgrund. — Durch ein Erdbeben auf Java im Jahr 1699 stürzten sieben beträchtliche Berge zusammen. — Schon diese Belege, welche sich leicht noch vervielfältigen liessen, sind gewiss hinreichend um zu zeigen, dass die grossen Erschütterungen, welche die ungeheuern Hebungen der urweltlichen Zeiten begleiteten, auch Zerreissungen, Zerspaltungen der Erdoberfläche im grossartigsten Maassstabe hervorbringen mussten.

Die in Folge solcher Zerreissungen gebildeten Spalten-Thäler sind gewöhnlich mehr oder weniger enge Schluchten, mit steilen, felsigen Thalwänden, malerischen, zerrissenen Felskuppen auf ihren Höhen und an ihren Gehängen, welche überdiess mit ausgedehnten Trümmermassen bedeckt zu sein pflegen. Solche Thäler kommen sowohl im plutonischen und vulkanischen als im neptunischen Gebirge vor. Im neptunischen Gebirge wird die Zerreissung, die Spaltenbildung, oft dadurch noch besonders deutlich, dass die Gesteins-Schichten an beiden Thalseiten dieselben sind und das eine Gestein dem gegenüberliegenden vollkommen entspricht. — Bisweilen machen es geologische Verhältnisse mehr oder weniger wahrscheinlich, dass auch breitere Thäler, nicht blosse Schluchten, in Folge einer Spaltenbildung entstunden.

4. Zeit der Hebungen.

Wenn nachgewiesen ist, dass ein Gebirge Hebungen erlitten hat, so drängt sich von selbst die Frage auf: In welchem geologischen Zeitraum fanden diese Hebungen statt?

Zur Beantwortung dieser Frage dient uns ganz vorzugsweise die folgende einfache Thatsache. Wenn wir die Schichten eines neptunischen Gesteins in geneigter Lage sehen und nachweisen können, dass diese Schichten-Neigung nicht etwa nur die Folge einer örtlichen Senkung ist, so müssen wir augenscheinlich den Schluss ziehen, die Aufrichtung, die Hebung des geschichteten Gesteins hat erst statt gefunden, nachdem dasselbe bereits abgelagert war. Wenn wir z. B. die Schichten des Uebergangs- und Steinkohlen-Gebirgs aufgerichtet finden, so folgt daraus auf das Bestimmteste, dass die Katastrophe, welche diese Hebung hervorbrachte, erst nach Ablagerung des Steinkohlen-Gebirges, also frühestens während des zweiten geologischen Zeitraumes eintrat. Die Thatsache des Vorkommens aufgerichteter Schichten gibt aber in den meisten Fäl-

len noch kein Mittel, die Zeit der Hebung mit hinreichender Genauigkeit festzusetzen. In dem vorigen Beispiel können wir zwar sagen die Hebung sei erst nach Ablagerung des Steinkohlen-Gebirges erfolgt, darüber aber, ob sie schon in der zweiten geologischen Periode oder in der dritten, vierten oder vielleicht in einer noch spätern geschah, gibt uns die Aufrichtung der Schichten des Steinkohlen-Gebirges noch keinen Aufschluss.

Nun findet man aber öfters die Schichten eines neptunischen Gebildes gehoben und die unmittelbar darüber liegenden Schichten eines andern neptunischen Gesteines in wagrechter Lage, also nicht gehoben. Offenbar erlaubt uns nun diese Naturerscheinung einen bestimmten Schluss über die Hebungs-Periode zu ziehen. Ein Beispiel wird diess deutlich machen. — Wenn man in einer Gegend die Schichten des Uebergangs- und Steinkohlen-Gebirges stark aufgerichtet, unmittelbar darüber aber die Schichten des Todtliegenden in waagrechter Lage sieht, so wird man hieraus schliessen dürfen, dass die Hebung des Uebergangs- und Steinkohlen-Gebirges erfolgte, bevor sich das Todtliegende abgelagert hatte. In der That, wäre das Todtliegende schon vorhanden gewesen, als die Hebung eintrat, so würde gewiss der ungeheure Druck, welcher ganze Gebirge empor zu heben fähig war, auch auf das Todtliegende gewirkt und die Schichten desselben nicht ruhig in ihrer ursprünglichen wagrechten Lage belassen, sondern mit jenen des Uebergangs- und Steinkohlen-Gebirges aufgerichtet haben. Daraus also, dass diess nicht der Fall ist, folgt, die Hebung sei in der zweiten Periode zwischen der Ablagerung des Steinkohlen-Gebirges und des Todtliegenden eingetreten. — So kann also die Aufrichtung der Schichten eines neptunischen Gebildes, wenn darüber jene einer andern neptunischen Ablagerung wagrecht liegen, die Hebungszeit genau anzeigen.

Auch Dislocationen neptunischer Gesteine, verglichen mit der Lage anderer neptunischer Gebilde, können ein Mittel liefern, die verschiedenen Hebungs-Perioden genau festzusetzen. Wenn man z. B. in einer und der nämlichen Gegend das Uebergangs-Gebirge stark dislocirt sieht, so zwar, dass es bald in der Tiefe der Thäler, bald auf den höchsten Rücken der Berge angetroffen wird, während das Todtliegende immer in der Tiefe sich befindet und nicht dislocirt ist, so muss man augenscheinlich hieraus schliessen, dass die grosse Hebung, welche jene Dislocationen des Uebergangs-Gebirges

hervorbrachte, nach der Ablagerung desselben und vor der Bildung des Todtliegenden erfolgt sei, sonst würde sie unfehlbar auch das Todtliegende dislocirt haben.

Eine weitere Naturerscheinung verdient endlich noch bei der Beantwortung der Frage, in welche geologische Perode eine Hebung falle, ganz besondere Beachtung. — Wir haben früher gehört, dass dem Hervorbrechen plutonischer Gesteine Spalten-Bildungen vorausgingen und wir wissen überhaupt, dass grosse Bewegungen im Innern der Erde, welche heftige Erschütterungen bewirken, auch häufig die Entstehung von Erdspalten veranlassen.

Bei einer und derselben grossen geologischen Katastrophe bildeten sich Spalten, welche eine bestimmte Richtung nach einer gewissen Himmelsgegend annahmen. Die aus solchen Spalten hervorgehobenen Gebilde und die aufgerichteten Ränder der Spalte zeigen daher die Richtung nach der nämlichen Himmelsgegend, dasselbe Streichen. Gebirge, deren Längen-Ausdehnung sich nach derselben Himmelsgegend richtet oder welche die nämliche Streichungs-Linie besitzen, können daher auch durch eine oder mehrere grosse Hebungen enstanden sein, welche in denselben geologischen Zeiträumen stattfanden. — Elie de Beaumont, welcher zuerst näher darauf aufmerksam machte, dass verschiedene Streichungs-Linien der Gebirge auch auf Hebungen in verschiedenen geologischen Perioden schliessen lassen, wurde dadurch zu der Aufstellung von mehreren Hebungs-Systemen geführt. Nach dieser Ansicht gehören z. B. Gebirge, welche eine Längen-Ausdehnung von Süd nach Nord haben, einem andern Hebungs-System an, als jene, deren Richtung von Ost nach West geht und diese wieder einem andern System, als jene, welche von Südost nach Nordwest streichen u. s. w. Die Hebung jedes Gebirges, welches zu einem andern Hebungs-System gezählt wird, fällt auch in eine andere geologische Periode. — So wichtig auch die Bestimmung der Streichungs-Linie eines Gebirges zur Ermittlung der Hebungszeit genannt werden muss, so haben doch neuere genaue Beobachtungen gelehrt, dass jene Erscheinung zur Erreichung dieses Zweckes nur mit grossen Einschränkungen benützt werden darf. So haben z. B. die Alpen und der Schwarzwald eine ganz andere Streichungslinie, eine ganz andere Richtung nach bestimmten Himmelsgegenden und in beiden Gebirgszügen funden die grössten Hebungen, welche die ganze Gestalt des Gebirges veränderten, in derselben geologischen Periode,

in der Diluvialzeit statt. — Es ist auch natürlich, dass eine und dieselbe hebende Kraft unter gewissen Umständen Spalten-Bildungen und Hebungen in verschiedener Richtung zugleich bewirken konnte. Es ist begreiflich, dass wenn einmal eine Hebung an einer Stelle erfolgt und dadurch die Verbindung mit dem Heerde unterirdischer Bewegungen hergestellt war, in spätern geologischen Zeiträumen an den früher bereits gehobenen Gebirgen neue und wiederholte Hebungen gleichzeitig eintreten konnten, ohne alle Rücksicht darauf, ob die neuerdings gehobenen Gebirge in einer Streichungs-Linie liegen oder nicht.

5. Ursachen der Hebung.

Wir sehen sowohl bei den jetzt noch thätigen Vulkanen, als bei künstlichen Schmelzungs-Prozessen, dass das Glühen und Schmelzen verschiedenartiger fester Stoffe von der Entwicklung von Gasen und Dämpfen begleitet zu sein pflegt und die Ausbrüche der heutigen Vulkane geben uns einen Maassstab der Grossartigkeit solcher Gas- und Dampf-Entwicklungen im Innern der Erde. Die plutonischen Bewegungen in den ersten Zeiträumen der Erdbildung, die Erzeugung der ältern und jüngern Feuergesteine war daher gewiss auch von mächtigen Gas- und Dampf-Ausbrüchen begleitet, von Ausbrüchen elastischer Flüssigkeiten, deren Menge und Gewalt mit der Grossartigkeit der alten plutonischen Phänomene im Verhältniss stund. — Als flüssiges Wasser sich auf der Erde angesammelt hatte, musste die Menge und die Kraft jener Dämpfe noch ausserordentlich vermehrt werden, wenn das Wasser in das Innere der Erde drang und mit dem Heerde der plutonischen Bewegung in Berührung kam. — Den ungeheuern Druck, welchen diese Gase und Dämpfe auf die feste Erdoberfläche und auf die geschmolzenen Massen im Innern der Erde ausüben mussten, wovon wir heutzutage noch Beispiele bei den Vulkanen sehen, dürfen wir gewiss mit Recht als eine Hauptursache der Hebungen betrachten.

Eine weitere Ursache des Hebungs-Phänomens können wir in dem Druck der festgewordenen Gesteine auf die in der Tiefe noch geschmolzenen, weichen Massen suchen. Wenn die Gesteine durch das Erstarren sich zusammengezogen und dadurch ein grösseres spezifisches Gewicht erhalten hatten, als ihre noch weiche Unterlage, so mussten sie nothwendig auf dieselbe drücken und sie hiedurch vom Platze schieben. Fanden die einem so starken Druck unterworfenen, geschmolzenen Massen keinen andern Ausweg, so

bahnten sie sich denselben gewaltsam, pressten dadurch auf andere feste Gesteine und drückten diese von ihrem Platze. — Dass auf diesem Wege Hebungen bereits vorhandener Gesteins-Massen erfolgten, dürfen wir auch daraus schliessen, dass man gerade da besonders häufig Hebungen und Dislocationen wahrnimmt, wo grössere Ausbrüche plutonischer Gebilde statt fanden. Die Hebung war um so stärker, je grösserer Widerstand sich dem durchbrechenden Gestein entgegenstellte, vorausgesetzt, dass der Druck des plutonischen Gebildes heftig genug war, um das Hinderniss zu überwältigen. Stiess dagegen der plutonische Durchbruch nur auf schwache oder keine Hindernisse, so brachte er auch nur geringe oder gar keine Hebungen hervor.

Ueberblick über die geologischen Ereignisse während der zweiten Periode.

Die geologischen Ereignisse im zweiten Zeitraum lassen sich kurz in das folgende allgemeine Bild zusammen fassen.

Aus den grossen urweltlichen Meeren der damaligen Zeit lagerten sich zahlreiche neptunische Gebilde ab: Thonschiefer, Conglomerate, Sandsteine und Kalksteine. Ein grosser Theil dieser Absätze erfolgte stürmisch, unter heftigen Bewegungen und Strömungen der Meere. Diess ergibt sich aus den zahlreichen Geröll-Ablagerungen, welche man im Uebergangs-Gebirge und Steinkohlen-Gebirge und im Todtliegenden findet. Die Ursachen jener heftigen Strömungen waren ohne Zweifel die grossen plutonischen Bewegungen während des zweiten Zeitraums. Diese plutonischen Bewegungen hatten äusserst heftige Erderschütterungen und Hebungen im grössten Massstabe zur Folge. Wie wir heutzutage noch bei grossen Erdbeben wahrnehmen, dass das Meer dadurch in starke Bewegung gesetzt wird, so musste Aehnliches und mit noch weit grösserer Heftigkeit bei den grossartigen plutonischen Bewegungen jener Urzeit erfolgen. Die stürmisch aufgeregten Fluthen strömten über die bereits vorhandenen Gesteine hin, rissen Bruchstücke derselben mit sich fort, welche dann durch die Reibung an einander zu Geröllen abgerundet, am geeigneten Orte angeschwemmt und nach und nach zu Conglomeraten verkittet wurden. — Viele Absätze aus den Meeren der zweiten Periode bildeten sich auch in den Zwischenräumen der Ruhe nach den plutonischen Ausbrüchen,

Solche Ablagerungen aus einem ruhigen Meere sind namentlich die Thonschiefer und Kalksteine.

Der zweite geologische Zeitraum ist ferner bezeichnet und von spätern Perioden unterschieden durch häufige und sehr grossartige Ausbrüche plutonischer Gebilde. Durch diese grossen plutonischen Bewegungen wurden bedeutende Hebungen und Dislocationen hervorgebracht, theils der alten plutonischen Gesteine, theils der neptunischen Ablagerungen aus den zwei ersten Abtheilungen des Zeitraums, des Uebergangs- und Steinkohlen-Gebirges. — Die jüngern Granite brachen in der zweiten Periode nicht nur in einzelnen Bergen, sondern in ganzen Gebirgsketten hervor. Dadurch bewirkten sie Zerreissungen des Zusammenhanges älterer Gebilde, Dislocationen derselben im grössten Maassstab und ein ganz anderes Aussehen des Landes. — Aehnliches geschah durch den Ausbruch der Quarz-Porphyre, nur in geringerer Ausdehnung.

Der Durchbruch plutonischer Massen in ganzen Bergen hatte auch die Aufrichtung der Schichten älterer neptunischer Ablagerungen zur Folge und die grosse Hitze, welche das Hervorbrechen dieser Gebirgs-Massen im geschmolzenen Zustand verbreitete, bewirkte häufig Umwandlungen (Metamorphosen) der schon vorhandenen Gesteine, namentlich der Thonschiefer des Uebergangs-Gebirges.

Dritter Zeitraum.

Die wichtigsten geologischen Ereignisse dieser Periode bilden Ablagerungen neptunischer Gesteine, welche jetzt in ganzen Bergen und Gebirgszügen auf unserer Erde erscheinen und in denen wir eine ganz eigenthümliche Flora und Fauna begraben finden. Diese Eigenthümlichkeit der Pflanzen- und Thierwelt in jenen Gesteinen zeigt, dass dieselben in einer ganz andern Zeit abgelagert wurden, als die neptunischen Gebilde der vorigen Periode. Bis sich eine ganz neue Flora, eine ganz neue Fauna auf der neuen Erdoberfläche erzeugen konnte, welche jene neptunische Ablagerungen bildeten, wurden gewiss sehr lange Zeiten, wahrscheinlich Jahrtausende erfordert. Man darf daher mit vollem Rechte annehmen, dass die Entstehung jener Gesteine und der mit ihnen gleichzeitigen Pflanzen und Thiere eine eigene Periode in der Geschichte der Erdbildung ausmache.

Die neptunischen Ablagerungen dieses dritten Zeitraums zerfallen naturgemäss in drei Hauptabtheilungen. v. Alberti, welcher dieselben am sorgfältigsten untersuchte, hat ihnen daher die Benennung Trias-Gebilde gegeben. — Die drei Abtheilungen dieser Gebilde sind: der bunte Sandstein, welcher zu unterst liegt, der Muschelkalk, die mittlere, und der Keuper, die obere Ablagerung der Trias. — Die Trias-Gebilde liegen, wo diese entwickelt sind, auf den Gesteinen des zweiten Zeitraums, und wo diese fehlen auf dem plutonischen Gebirge. Sie werden bedeckt von den Jura-Ablagerungen (den Gesteinen des vierten Zeitraums) oder, wenn diese fehlen, von noch jüngern Gebilden, oder, wenn auch diese fehlen, setzt bunter Sandstein, Muschelkalk und Keuper die Gesteine der Erdoberfläche zusammen.

Da die Ablagerung jener drei neptunischer Gesteinsmassen die wichtigsten Ereignisse dieses Zeitraums bildet, so zerfällt derselbe am passendsten in drei Abschnitte, wovon der erste durch die Entstehung des bunten Sandsteins, der zweite durch jene des Muschelkalks und der dritte durch jene des Keupers bezeichnet ist.

Erster Abschnitt.

Bunter Sandstein.

In seinen untern Lagen besteht dieses Gebilde aus Quarz-Sandsteinen, welche öfters mit Conglomeraten wechseln.

Die Quarz-Sandsteine sind vorherrschend durch Eisenoxyd hellroth gefärbt, doch auch manchmal weiss; andere Farben erscheinen selten. Man sieht diese Sandsteine meistens in dicke Bänke abgetheilt.

Die Conglomerate liegen zwischen den Quarz-Sandsteinen und bestehen aus einem Sandsteinteig, welcher Gerölle (runde Bruchstücke) blos von Quarz-Mineralien einschliesst, vorherrschend aus gemeinem Quarz, dann aus Hornstein, Eisenkiesel und Kieselschiefer. Auch die Conglomerate sind dick geschichtet.

Auf den Schichtenklüften dieser Sandsteine und Conglomerate zeigen sich Zwischenlager von buntfarbigem, braunrothem, gelbem, violettem, schmutziggrünem, grauem und weisslichem Thon, der zum Theil sandig und glimmerreich ist und oft schieferige Absonderung besitzt.

Als zufällige Einmengungen dieser Sandsteine kommen häufig

rundliche, plattgedrückte Aussonderungen von Thon, sog. Thongallen, vor, dann nicht selten: Quarzdrusen, Braunstein-Dendriten, manchmal Schwerspath und Spatheisenstein. Andere seltenere Mineralien verdienen keine besondere Erwähnung.

Die Quarz-Sandsteine und ihre Conglomerate sind ganz frei von Versteinerungen.

Die obere Abtheilung des bunten Sandsteins bilden Lager von Thon-Sandsteinen. Diese sind meist roth, bisweilen buntfarbig, braun, gelb, grau, grünlich, blaulich, häufig feinkörnig und weicher als die Quarz-Sandsteine. Man findet diese obern Lagen dünner geschichtet als die untern. Sie enthalten wie diese Zwischenlagen von buntem Thon. — Nach oben gehen die Thon-Sandsteine häufig in einen rothen schiefrigen Thon, in sog. Schiefer-Letten über, welcher den Schluss der ganzen Ablagerung bildet.

Die Thon-Sandsteine enthalten an einigen Stellen ziemlich viele Versteinerungen; im Allgemeinen jedoch sind sie arm daran.

Art des Auftretens. — Der bunte Sandstein bildet sehr häufig selbstständige Berge, welche öfters eine Höhe von tausend bis zu ein Paar tausend Fuss erreichen. Diese Berge haben meist breite, flache Rücken und oft ziemlich steile Gehänge. Die Gegenden, welche im bunten Sandstein liegen, sind gewöhnlich einförmig, wenig malerisch und sie besitzen geringe Fruchtbarkeit, da der Quarz nur sehr schwer verwittert und, wenn die Sandsteinkörner durch mechanische Einwirkungen auseinander fallen, einen sandigen Boden liefert. Die Berge aus buntem Sandstein sind daher gewöhnlich mit Waldungen bedeckt.

Sehr häufig fehlt von den beiden Abtheilungen dieses Gebildes die obere, der Thon-Sandstein, und es treten die Quarz-Sandsteine für sich allein in ganzen Bergen auf.

Der bunte Sandstein geht oft, unbedeckt von jüngern Ablagerungen, zu Tage aus. Häufig jedoch findet man ihn von Muschelkalk und bisweilen von andern Gebilden überlagert. — Er ruht theils auf neptunischen Gesteinen des zweiten Zeitraums, theils und am häufigsten auf plutonischen Gebilden.

Verbreitung. — Beträchtliche Länderstrecken werden bisweilen von buntem Sandstein in ganzen Gebirgszügen überdeckt, so dass man diese Ablagerung zu den häufig verbreiteten zählen muss. Die Hauptvorkommnisse sind folgende: Deutschland: in Baden erscheint der bunte Sandstein in ziemlich beträchtlichen

Die organischen Reste dieses Gebildes stimmen im Wesentlichen mit jenen der obern Gruppe überein; doch verdient herausgehoben zu werden, dass Lima lineata den Wellenkalk vorzugsweise bezeichnet.

Verbreitung. — Der Wellenkalk findet sich in Deutschland vorzüglich am Süd- und Ost-Abhang des Schwarzwaldes, in Baden und Württemberg; ferner in Franken, im Thüringerwald, am Harz und in den Wesergegenden, besonders in den Umgebungen von Pyrmont, dann in Frankreich am Westabhang der Vogesen. Nach Pusch soll er auch in Polen vorkommen.

Zweite Abtheilung. Steinsalz-Gruppe.

(Anhydrit-Gruppe.)

Diese Abtheilung des Muschelkalks enthält fast überall grosse Steinsalzlager und ist desshalb in technischer Beziehung das wichtigste Glied der ganzen Muschelkalk-Formation.

Zu unterst in dieser Gruppe pflegen Ablagerungen von Anhydrit (wasserfreiem schwefelsaurem Kalk) aufzutreten. Dieser Anhydrit ist meist grau, seltner weiss, hellroth oder schmutzig hellblau, dicht bis feinkörnig, hart und zeigt im Uebrigen die allgemeinen Merkmale dieses Minerals. Er wird sehr leicht und bestimmt daran erkannt, dass sich das Pulver des Anhydrits etwas weniges in Wasser auflöst zu einer Flüssigkeit, welche mit salpetersaurem Baryt einen weissen in Salzsäure unlöslichen Niederschlag von schwefelsaurem Baryt bildet und mit kleesaurem Kali auch bei grosser Verdünnung noch einen weissen Niederschlag von kleesaurem Kalk. Durch diese Reaktionen stimmt der Anhydrit mit dem Gyps überein, unterscheidet sich aber von demselben dadurch, dass er, im Kölbchen oder in einer unten zugeschmolzenen Glasröhre erhitzt, kein Wasser abgibt, während der Gyps Wasserdämpfe entwickelt, welche sich an den Wandungen des Glases wieder zu Tröpfchen verdichten.

Ueber dem Anhydrit, bisweilen auch mit demselben, erscheinen ferner in dieser Gruppe des Muschelkalkes Lager von Thon, Gyps und Steinsalz.

Der Thon hat vorherrschend eine graue Farbe, wird häufig von Adern von Gyps und Steinsalz durchzogen oder ist auch wohl stellenweise ganz von Steinsalz durchdrungen und führt daher den Namen Salzthon.

Der Gyps der Steinsalz-Gruppe kommt in allen Abänderungen

der Mineralogie vor, als späthiger, faseriger, schuppiger, dichter und körniger Gyps. Er zeigt die allgemeinen Merkmale dieses Minerals und wird durch seine geringe Härte, die zwischen Talk und Kalkspath liegt, so dass er also leicht vom Fingernagel geritzt wird, dann durch die oben beim Anhydrit angeführten chemischen Merkmale erkannt, nämlich durch die Reaction seiner Lösung mit salpetersaurem Baryt und kleesaurem Kali und durch die Eigenschaft des Gypspulvers beim Erhitzen im Kölbchen Wasser abzugeben. — Der Gyps der Steinsalz-Gruppe bildet häufig mächtige Lager, so dass er zu technischen Zwecken abgebaut werden kann.

Das Steinsalz dieser Gruppe besitzt die allgemein bekannten Merkmale dieses Minerals. Es ist theils wasserhell oder weiss, theils grau, gelb und röthlich, von dichter und körniger, seltner von blättriger oder faseriger Absonderung und nicht geschichtet, massig. Es bildet theils ganz reine Ablagerungen, theils ist es durchzogen von Salzthon, Anhydrit oder Gyps. — Oefters erreichen diese Steinsalz-Lager eine bedeutende Mächtigkeit, so z. B. in Schwaben von 150 bis 170′ und darüber. Nirgends gehen sie zu Tage aus, sie müssen erst durch Bergbau aufgeschlossen werden..

Durch Zutritt von Wasser zu unterirdischen Salzlagern entstehen die Salzquellen oder Salzsoolen. Diese sind häufig gesättigt, d. h. sie enthalten so viel Kochsalz gelöst, als das Wasser überhaupt zu lösen vermag. Bisweilen jedoch findet man schwache Salzquellen, die nur wenig Kochsalz gelöst enthalten und diese bilden sich sehr wahrscheinlich dadurch, dass die unterirdischen Wasser nicht über Massen von Steinsalz fliessen, sondern blos den Salzthon durchziehen. — Die Salzsoolen dieser Abtheilung des Muschelkalks werden fast überall durch Bohrarbeiten und durch Pumpen zu Tage gebracht und liefern das Material für zahlreiche Salzwerke. Nur ausnahmsweise wird im Muschelkalk bis jetzt Bergbau auf Steinsalz geführt.

Die ganze Steinsalz-Gruppe endigt oben mit grössern Lagern von mergeligen Kalksteinen und Dolomiten. Diese haben vorherrschend gelbe, bräunliche oder graue Farbe, die allgemeinen Merkmale solcher Gesteine, und sind regelmässig bisweilen dünn geschichtet, manchmal ganz schiefrig. Oefters enthalten sie Einlagerungen von Hornstein in Nestern oder Adern und bisweilen Schnüre von Chalzedon. — In einigen Gegenden setzen diese obern

Kalksteine und Dolomite der Steinsalz-Gruppe eigene Hügel und kleine Berge zusammen.

Die ganze Steinsalz-Gruppe scheint frei von Versteinerungen zu sein oder wenn auch solche da oder dort in den obern Kalksteinen und Dolomiten vorkommen, so gehören sie jedenfalls zu den grossen Seltenheiten.

Verbreitung. — Die Steinsalz-Gruppe ist nicht überall entwickelt, wo die Muschelkalk-Formation auftritt. Am mächtigsten und ausgedehntesten zeigt sie sich in Baden und Württemberg und hier enthält die Ablagerung grosse Steinsalzmassen, welche zur Bildung von zahlreichen Salzquellen Anlass geben, aus denen auf den Salzwerken von Dürrheim, Schwenningen, Rottweil, Rappenau, Wimpfen, Offenau und Jaxtfeld Kochsalz gewonnen wird. — Minder ausgedehnt zeigt sich die Steinsalz-Gruppe am südlichen, westlichen und nördlichen Abhang des Schwarzwalds. — Ferner erscheint sie im mittlern und nördlichen Deutschland und liefert hier das Material für die Salinen von Gotha, Halle, Sulz an der Saale, Schönebeck und Salzgitter. — In der Schweiz findet sich die Steinsalz-Gruppe in den Cantonen Basel, Aargau und Schaffhausen und liefert Salzsoolen bei Basel und Rheinfelden. — Ob diese Abtheilung der Muschelkalk-Formation noch in andern Ländern ausser Deutschland und der Schweiz entwickelt sei, ist bis jetzt nicht näher bekannt. Sehr wahrscheinlich findet sie sich auch in Frankreich in dem grossen Muschelkalkzuge am Westabhang der Vogesen.

Dritte Abtheilung. Muschelkalk.

Diese obere Gruppe der ganzen Formation besteht zum grössten Theil aus Kalksteinlagern, über welchen sich nur ausnahmsweise noch Dolomite finden.

a. Die Kalksteine führen im engern Sinn des Wortes die Benennung Muschelkalk oder zur bessern Unterscheidung: Hauptmuschelkalk. — Sie haben vorherrschend rauchgraue Farbe, dichte Structur, und flachmuschligen ins Splittrige übergehenden Bruch. Sie enthalten sehr häufig ausser den gewöhnlichen unbedeutendern Beimischungen der Kalksteine (Kieselerde, Thonerde, Eisenoxydul und -Oxyd, Manganoxyd, Bitumen) einige Prozente kohlensaure Talkerde. Sie zeigen regelmässige Schichtung. Die Schichten sind gewöhnlich nicht dick, selten über

1 bis 2'. Auf den Schichten-Klüften findet sich Thon, der öfters sehr fett und zu wahrem Bolus wird.

An Versteinerungen ist der Muschelkalk im Ganzen nicht reich, stellenweise sogar sehr arm daran. Die bezeichnendsten sind: Encrinus liliiformis (in Stielgliedern sehr häufig), Terebratula vulgaris, Lima striata, Gervillia socialis und Amonites nodosus.

Unter den verschiedenen Gebilden des zweiten Abschnittes dieses dritten Zeitraums ist der Muschelkalk das am mächtigsten und in grösster Ausdehnung entwickelte, wesshalb er allen drei Gruppen der ganzen Formation ihren gemeinschaftlichen Namen gab. Er erreicht öfters eine Mächtigkeit von tausend Fuss und darüber und setzt für sich allein kleine Berge und ein ausgedehnteres Hügelland zusammen. Die Berge und Hügel im Muschelkalk sind gewöhnlich abgerundet, sie steigen meistens nicht steil an, und die dazwischen liegenden Thäler sind in der Regel flach, nicht tief eingeschnitten. Die Muschelkalk-Gegenden bieten daher wenig Malerisches dar; sie bilden aber ein fruchtbares, besonders für Getreidebau taugliches Gelände.

Verbreitung. — Der Muschelkalk findet sich in grösster Ausdehnung in Deutschland entwickelt. Er zieht sich, ein breites Hügelland bildend, am ganzen Ostrande des Schwarzwaldes hin, durch Baden und Württemberg. Am Westabhang des Schwarzwaldes im Rheinthal erscheint er in geringerer Ausdehnung und grossentheils in abgerissenen Massen. Er setzt ferner einen bedeutenden Theil des Hügellandes zwischen Schwarzwald und Odenwald zusammen. Von dort zieht er sich nach Baiern, wo er einen grossen Theil von Franken bedeckt. Ferner erscheint er in Sachsen (in den Herzogthümern und im Königreich), in beiden Hessen, Hannover, Braunschweig und in Preussen, in der Provinz Brandenburg und in Oberschlesien. — Endlich erscheint der Muschelkalk in Deutschland noch in den Alpen und zwar in Bayern und Oesterreich und hier mit eigenthümlichen petrographischen und paläontologischen Merkmalen, so namentlich in Tyrol an der Seisseralpe, dann bei St. Cassian und Recoaro. — In der Schweiz tritt der Muschelkalk vorzüglich in den Cantonen Solothurn, Basel, Aargau, Zürich und Schaffhausen auf. — In Frankreich findet er sich besonders am Westabhang der Vogesen in Lothringen, weniger mächtig am Ostabhang im Elsass, dann im französischen Jura und in der ehemaligen Provence

formis sehr häufig und besonders bezeichnend. Von ihm kommen gewöhnlich nur die Stiele und einzelne Stielglieder vor. Die letztern sind cylindrisch, haben in der Mitte der Gelenkflächen eine kleine runde Oeffnung. Auf den Stielen sitzt eine lilienförmige Krone, die aber nur selten gefunden wird. Ferner kommen aus dieser Classe auch freie *Seesterne* vor; bemerkenswerth unter denselben ist: Aspidura scutellata (Ophiura loricata). — Die *Seeigel*, namentlich die Sippe Cidarites, gewinnen ebenfalls in dieser Periode an Bedeutung. Besonders reich an Cidariten ist St. Cassian.

Mollusken sind hauptsächlich im eigentlichen Muschelkalke sehr häufig. — *Brachiopoden*: Terebratula vulgaris ist ein sehr charakteristisches Petrefakt und kommt fast ausschliesslich im Muschelkalk vor. Spirifer fragilis ziemlich selten. — *Pelecypoden*: Pecten laevigatus, discites, Lima striata, lineata, Gervillia socialis, Mytilus eduliformis, vetustus; Myophoria ist im Muschelkalk nicht selten, aber noch häufiger im Keuper (siehe unten). Eine weitere hieher gehörige Sippe bildet Myacites, in welche alle nicht genauer bestimmbaren Steinkerne aufgenommen wurden, die sich der Form der lebenden Sippe Mya Lk. mehr oder weniger nähern. M. elongatus ist eine sehr häufige hieher gehörende Art. Venus nuda im Rogenstein. Mactra trigona ist eine ebenfalls dem Rogenstein eigenthümliche Art. — Von *Gasteropoden* sind nur wenige charakteristisch, wie Melania Schlotheimii, Turritella scalata; letztere kommt auch im bunten Sandsteine vor. Im Allgemeinen ist von den Gasteropoden des Muschelkalks zu bemerken, dass sie sich nur als Steinkerne vorfinden und daher in ihrer Bestimmung grosse Unsicherheit herrscht. — *Cephalopoden*: Nautilus, schon im silurischen Gebirge beginnend, ragt bis in die gegenwärtige Thierschöpfung herüber. N. bidorsatus ist im Muschelkalk zwar nicht häufig aber sehr bezeichnend. Aus der Familie der Ammoneen kommt im Muschelkalk das Geschlecht Ceratites (Untergattung von Ammonites) ausschliesslich vor und zwar namentlich in zwei Arten, nämlich: C. nodosus und semipartitus. — Fossile Sepienkiefer, genannt Rhyncholites hirundo und Conchorhynchus ornatus, besonders im fränkischen Muschelkalk häufig, scheinen den in obigen Cephalopoden-Schalen lebenden Thieren anzugehören. Vielleicht aber sind sie Kiefertheile nackter Tintenfische. Die in der vorigen

Periode so häufigen Goniatiten sind mit Beendigung derselben ganz und für immer ausgestorben. Die Orthoceratiten finden sich nur noch im alpinen Muschelkalk von St. Cassian.

Aus der Classe der *Ringelwürmer* treten wiederum einige Arten von Serpula auf.

Von *Crustaceen* begegnen wir hier zum ersten Male langschwänzigen Krebsen, wovon der wichtigste Pemphix (Palinurus) Sueuri mit sehr kleinen Scheeren.

Wirbelthiere. Fische und *Reptilien* kommen im Muschelkalke ziemlich häufig vor. Von Fischen treffen wir nur solche aus der Ordnung der *Placoiden* aber nicht als ganze Skelette, sondern blos Skeletttheile, Schuppen und Zähne derselben. Charakteristisch sind folgende.: Acrodus Gaillardoti (Zähne), Hybodus plicatilis (Zähne), Placodus gigas (Zähne), Gyrolepis Alberti (Colobodus varians, Zähne). — Die *Reptilien* des Muschelkalks gehören alle in die Ordnung der Saurier. Am merkwürdigsten darunter ist ein Saurier mit Schwimmfüssen: Nothosaurus, Bastardsaurier (νόθος, unächt), mit mehreren Arten, worunter N. mirabilis der wichtigste. Die Nothosauren beginnen schon im bunten Sandstein, werden am häufigsten im Muschelkalk und endigen dann. Hauptfundorte: Baireuth, Jena, Krailsheim in Württemberg, Ober-Schlesien, Luneville. — Andere, minder beachtenswerthe Gattungen von schwimmenden Sauriern sind: Simosaurus, Conchiosaurus, Pistosaurus u. s. w. (Diese schwimmenden Saurier können als Vorläufer der noch merkwürdigern ähnlichen Thiere (Meer-Eidechsen) des Jura betrachtet werden.)

Vögel- und *Säugethierreste* fehlen im Muschelkalke gänzlich.

Dritter Abschnitt.

Keuper*.

Der Keuper liegt über dem Muschelkalk und wird von den Gesteinen des untern Jura bedeckt. — Man kann diese Ablagerung naturgemäss in drei Gruppen trennen. Die untere Gruppe ist jene der Lettenkohle; die mittlere Gruppe bilden bunte Mergel mit Gyps und die obere die Keuper-Sandsteine.

* Ein fränkischer Provinzialname, welcher in die wissenschaftliche Sprache aufgenommen wurde.

Erste Abtheilung. Lettenkohlen-Gruppe.

Sie enthält Ablagerungen von Schiefer-Thon und Schiefer-Mergeln, meist von aschgrauer und schwärzlicher Farbe; dann graue und schmutziggelbe mergelige Kalksteine; endlich Sandsteine mit thonigem oder mergeligem Bindemittel, theils von grauer, theils von gelber und gelblichweisser Farbe. — Die Schiefer und Sandsteine enthalten ziemlich viele Pflanzen-Versteinerungen, darunter vorherrschend Calamites arenaceus und Equisetum columnare; in den Kalksteinen findet man nicht selten Mollusken, vorzüglich Myophorien.

Zwischen diesen Gesteinen zeigen sich gewöhnlich kleine Lager von Steinkohlen, theils gewöhnliche Schwarzkohle, theils Pechkohle, bisweilen Braunkohle. Diese Kohlen sind reich an erdigen Beimischungen; sie lassen daher nach dem Verbrennen einen beträchtlichen, erdigen, lettigen Rückstand, wodurch die bergmännische Benennung Lettenkohle veranlasst wurde.

Die Kohlen dieser Gruppe enthalten überdiess viel Schwefelkies, theils in Körnern eingesprengt, theils in grössern Knauern. Wegen diesen Beimischungen geben sie ein sehr schlechtes, fast unbrauchbares Brennmaterial. Dieser Umstand, so wie die Erfahrung, dass die Lettenkohle nur wenig mächtige, nicht bauwürdige Lager zu bilden pflegt, sind die Ursache, dass wohl schon häufig Versuchsbau auf diese Kohlen geführt wurde, derselbe aber bisher immer keinen befriedigenden Erfolg gewährte. Wo die Lettenkohlen etwas mächtiger auftreten als gewöhnlich, würden sie höchstens durch ihren reichlichen Gehalt an Schwefelkies zur Eisenvitriol- oder Alaun-Bereitung tauglich sein, oder aber zur Darstellung von Kohlenwasserstoff-Gas zum Zwecke der Gas-Beleuchtung benützt werden können.

Die Mächtigkeit der ganzen Lettenkohlen-Gruppe beträgt im Mittel beiläufig nur 30 bis 50′; die Ablagerung tritt daher nicht für sich allein auf, sondern gemeinschaftlich mit den übrigen Gliedern des Keupers.

Als ein bloses Lokal-Gebilde muss man ein beträchtliches Steinsalz-Lager ansehen, welches in der Lettenkohlen-Gruppe bei Vic in Lothringen und bei Northwich in England vorkommt und dort zu Bergbau Anlass gibt.

Verbreitung. — Die Lettenkohlen-Gruppe zeigt sich nicht

überall wo der Keuper auftritt. Am mächtigsten ist sie in Schwaben entwickelt, am Ostabhang des Schwarzwaldes in Baden und Württemberg. In Norddeutschland findet sich die Lettenkohle in Sachsen und am Teutoburger-Wald. In der Schweiz kommt sie in den Cantonen Schaffhausen, Basel und Solothurn vor. In Frankreich findet sie sich vorzüglich in Lothringen und in England, wie es scheint, bei Northwich.

Zweite Abtheilung. Bunte Mergel mit Gyps.

In dieser Abtheilung des Keupers zeigt sich öfters zu unterst ein Dolomit-Lager (Dolomit über der Lettenkohlen-Gruppe). Diese Dolomite sind schmutziggelb, braun oder grau und regelmässig geschichtet. Nicht selten enthalten sie ziemlich viele Versteinerungen, besonders Myophorien und bisweilen Einlagerungen von Hornstein und Schwefelkies. — Bald gehen diese Dolomite für sich allein zu Tage aus; bald und häufiger sind sie von den bunten Mergeln mit Gyps bedeckt. In diesem letztern Falle erscheint nach oben ein graues Gyps-Gestein, das aber noch mit Säuren braust, also ein Gemeng ist von Gyps und kohlensaurem Kalk; auch dort finden sich noch viele Versteinerungen. — Die Mächtigkeit dieses Dolomites beträgt im Mittel 40—50'.

Die Hauptablagerung dieser Gruppe bilden beträchtliche Massen von buntfarbigem Mergel, mit grossen Gyps-Lagern. — Die Mergel besitzen die mannigfaltigsten Farben: grau, gelb, braun, schmutziggrün, blaulich, roth in buntestem Wechsel. Sie haben bald eine erdige Beschaffenheit, bald sind sie schiefrig und manchmal zu festen Gesteinen verhärtet. Häufig enthalten sie einige Prozente kohlensaure Talgerde beigemischt.

Der Keuper-Gyps besitzt alle schon S. 162 angegebenen Merkmale des Gypses überhaupt und kommt in allen Abänderungen dieses Minerals vor, als späthiger, faseriger, schuppiger, dichter und körniger Gyps, letzterer öfters von solcher Härte, dass er als Alabaster benützt werden kann. Der Gyps bildet häufig grössere, bauwürdige Lager und kommt überdiess in Schnüren oder kleinern Einlagerungen zwischen den bunten Mergeln vor, welche auch die grössern Gyps-Lager durchziehen.

Zwischen den Mergeln und dem Gyps ziehen sich bisweilen dünne Schichten von meist rauchgrauem Dolomit durch (Dolomit der Keuper-Mergel).

Hier und da kommen zwischen den bunten Mergeln kleine, nicht bauwürdige Einlagerungen von Steinkohlen vor, die Keuperkohlen.

Von fremden Mineralien findet man in den bunten Mergeln bisweilen Quarz, Kalkspath und Schwerspath.

An Versteinerungen ist diese Abtheilung des Keupers äusserst arm und sehr häufig fehlen sie in derselben auch gänzlich.

Die bunten Mergel mit Gyps erreichen nicht selten eine Mächtigkeit von 500—1000′. Sie treten daher auch selbstständig auf in kleinen Bergen und Hügeln, welche wenig Malerisches darbieten, aber ein fruchtbares Gelände bilden.

Verbreitung. — Die zweite Gruppe des Keupers ist die bei weitem verbreitetste des ganzen Gebildes. Die bunten Mergel mit ihren Gypsen bedecken häufig ausgedehnte Länderstrecken. So erscheinen sie in Deutschland in sehr bedeutender Verbreitung östlich von den Muschelkalk-Bergen durch ganz Schwaben in Baden, Baiern und Württemberg; sie bilden einen grossen Theil des Landes zwischen Schwarzwald und Odenwald, ziehen sich von dort weit hinein nach Baiern (Franken) und von hier nach Norddeutschland, besonders Sachsen.

Die bunten Keuper-Mergel mit Gyps erscheinen ferner am Westabhang des Schwarzwaldes im Rheinthal, jedoch hier nicht in bedeutender Verbreitung und meist nur in abgerissenen Massen. In der Schweiz kommen die bunten Mergel mit Gyps vorzüglich in den Cantonen Schaffhausen, Zürich, Aargau, Basel, Solothurn und Bern vor. — In Frankreich finden sie sich in grosser Verbreitung am Westabhang der Vogesen, in der Nähe des Muschelkalkes und westlich von demselben; ferner im Elsass. — In England zeigen sie ebenfalls eine ziemliche Verbreitung und liegen hier, da der Muschelkalk fehlt, unmittelbar auf buntem Sandstein.

Dritte Abtheilung. Keuper-Sandstein.

Schon durch ihre Lagerungs-Verhältnisse über den bunten Keuper-Mergeln sind diese Sandsteine geognostisch unterschieden von jenen der Lettenkohle, vom bunten Sandstein und von den übrigen ältern Sandsteinen.

Zu unterst in dieser Gruppe herrschen gewöhnlich feinkörnige Thonsandsteine vor. Sie haben meistens schmutziggrünliche, gelbe oder graue, weniger häufig rothe Farbe. Ihre Härte

ist nicht sehr beträchtlich, doch liefern sie ein gutes Baumaterial. Das thonige Bindemittel nimmt bisweilen noch Kalk auf, wodurch sich Mergel-Sandsteine bilden.

In den obern Lagen der Keuper-Sandsteine pflegen grobkörnige Quarz-Sandsteine aufzutreten, meist hellfarbig, weisslich, gelblich, hellgrau und grünlich. Ausnahmsweise nehmen auch diese grobkörnigen Sandsteine thoniges oder mergeliges Bindemittel auf.

Die Schichtenklüfte der Keuper-Sandsteine sind häufig von denselben buntfarbigen Mergeln erfüllt, welche schon tiefer unten in der zweiten Gruppe vorkommen.

Nicht selten findet man auch in diesen Sandsteinen kleine, unbedeutende, nicht bauwürdige Einlagerungen von Steinkohlen (Keuperkohle), welche häufig Schwefelkies führt.

Die Keuper-Sandsteine sind ziemlich reich an Pflanzenresten, unter welchen am häufigsten Calamites arenaceus und Equisetum columnare vorkommen.

Von zufällig den Keuper-Sandsteinen beigemengten Mineralien mögen genannt werden: Quarz-Drusen, Rhomboëder von sandigem Kalkspath (sog. krystallisirter Sandstein), Schwerspath und schwefelsaurer Strontian.

Die Mächtigkeit der Keuper-Sandsteine beträgt im Mittel einige hundert Fuss. Sie setzen Hügel und kleine Berge zusammen, deren Formen wenig Ausgezeichnetes darbieten.

In einigen Gegenden, besonders von Württemberg, dann bei Bristol, liegt über den Keuper-Sandsteinen, und macht also den Schluss der Trias-Gebilde, eine sandige Knochen-Breccie (Bone-Bed der Engländer) mit Knochen, Zähnen und Schuppen von Reptilien und Fischen, namentlich von Nothosaurus, Acrodus, Hybodus, Ceratodus, Gyrolepis u. s. w.

Verbreitung. — Der Keupersandstein begleitet die Keupermergel in Baden (im See- und Unterrheinkreis) und Württemberg (Stuttgart). Franken.

Organische Reste des Keupers.

FLORA.

Die Pflanzen des Keupers zeigen abermals einen Fortschritt im Entwicklungsgange der Vegetation gegenüber den früheren Floren,

indem die Phanerogamen im Verhältniss zu den Gefäss-Cryptogamen wesentlich zugenommen haben.

Die *gefässlosen Cryptogamen* des Keupers sind ohne Bedeutung.

Unter den *Gefäss-Cryptogamen* kommen hier zahlreiche *Equisetaceen* vor. Das Geschlecht Calamites, in den früheren Ablagerungen so reichlich vertreten, weicht jetzt fast gänzlich der unserm Equisetum (Schachtelhalm) nahe verwandten Sippe Equisetites. (Calamites des Keupers und der Trias überhaupt hat viel dichterstehende Streifen als die Arten der zweiten Periode. Zudem alterniren dieselben nicht mehr an den Internodien, sondern setzen sich über sie hinaus. An Dicke und Höhe stehen die Species der Trias denen der zweiten Periode ebenfalls weit nach.) C. arenaceus ist für den Keuper und die ganze Trias bezeichnend. Equisetites (an den Internodien mit anliegender häutiger Scheide, die am obern Rande in spitze Zähne aufgelöst ist) unterscheidet sich von Equisetum schon durch den robusten baumartigen Habitus. Equisetites columnaris, Bronni, Schönleini und Meriani sind dem Keuper eigen. — Von *Farnen* kommen theils Stämme (Cottaia) theils Blätter vor. Von letztern sind besonders folgende bezeichnend: Taeniopteris marantacea, Pecopteris Stuttgardtiensis, Meriani, Filicites lanceolata. Sphenopteris findet sich in mehreren Arten im Keuper, ebenso Alethopteris.

Die Ordnung der *Gymnospermen* ist im Keuper durch mehrere leitende Cycadeenblätter vertreten. Hieher Pterophyllum Jaegeri, Münsteri, longifolium und Nilssonia acuminata. — Von *Coniferen* findet sich Voltzia heterophylla des bunten Sandsteins auch im Keuper wieder; ferner Taxodites, Peuce, Dadoxylon, Cunninghamites.

Von *Monocotyledonen* ist bemerkenswerth eine Liliacee: Preissleria antiqua.

FAUNA.

Im Allgemeinen sind Thierreste im Keuper nicht häufig. Noch am ehesten kommen sie in den Dolomiten über der Lettenkohle so wie in den Kalksteinen der letzteren vor. Es sind fast nur Mollusken; dann Knochen und Zähne von Fischen und Reptilien.

Aus der Ordnung der *Brachiopoden* ist Lingula tenuis-

sima charakteristisch. — Von *Pelecypoden* desgleichen Posidonomya minuta; besonders häufig und für den Keuper bezeichnend ist das Bivalvengeschlecht Myophoria, das auch schon in den vorigen beiden Gliedern der Trias, doch nicht in der Häufigkeit wie im Keuper, vorkommt. M. vulgaris ist am häufigsten im Dolomit der Lettenkohle; M. Goldfussi gehört dem Muschelkalk und Keuper an. Auch Gervillia socialis ragt noch bis in den Keuper.

So ist es also schon durch die Mollusken erwiesen, dass der Keuper noch der dritten Periode zuzurechnen ist. Denn seine Schalen stimmen grösstentheils mit denen des bunten Sandsteines und Muschelkalkes überein; auch bezüglich der Flora herrscht grosse Aehnlichkeit. *Crustaceen* fehlen dem Keuper.

Die *Fischreste* desselben sind ziemlich dieselben der frühern Trias-Glieder. Sehr zahlreich ist aber auch das Geschlecht Ceratodus, das schon im Muschelkalk vorkommt, vertreten. Die Zähne sind sehr gross und eigenthümlich; die Scheidung dieses Geschlechtes in Arten ist noch nicht genügend erledigt.

Reptilien. Aus der Familie der Pachypoden findet sich Plateosaurus Engelharti im Keupersandstein von Nürnberg; von Nexipoden Nothosaurus mirabilis in dem Dolomit der Lettenkohle Württembergs, Belodon Plieningeri im Keupersandstein von Stuttgart. Sehr bezeichnend für den Keuper sind die Labyrinthodonten. Sie beschränken sich zwar nicht auf denselben, sondern treten, freilich in geringerer Zahl, auch im bunten Sandstein und Muschelkalk, ja selbst schon im Steinkohlengebirge auf, verlassen aber mit dem Ende der Triasperiode für immer den Schauplatz. Hierher gehören: Mastodonsaurus Jaegeri, Metopias diagnosticus, Capitosaurus robustus u. s. f.

Vögel aus dem Keuper sind nicht bekannt, dagegen finden sich in der Keuperbreccie Zähne, die einem *Säugethier*, Microlestes antiquus, angehören.

Ueberblick des Zustandes der Erde im dritten Zeitraum.

a. Geologische Ereignisse.

Das erste grosse Ereigniss während dieser geologischen Periode war die Bildung des bunten Sandsteins. Die Sandsteine dieser Ablagerung verdanken ihre Entstehung grossen Zerstörungen des plutonischen Gebirges, vorzugsweise der Granite und Gneisse, durch heftig bewegte Fluthen. Der Quarz dieser Felsarten wurde zu

eckigen Körnchen zerrieben und lieferte dadurch das Hauptmaterial zur Bildung der Sandsteine. Die Zerstörung des Feldspaths der plutonischen Gesteine hatte die Ablagerung von Thon zur Folge, welcher das Bindemittel der Thon-Sandsteine gab, oder auch für sich, besonders auf den Schichtenklüften abgesetzt wurde. — Der Glimmer der Granite und Gneisse wurde theils ganz zerstört, theils zusammengeschwemmt und dadurch den Thonen und Thonsandsteinen beigemischt.

Dass diese Sandstein-Anschwemmungen unter heftigen Strömungen der Meeresfluthen erfolgten, geht aus verschiedenen Thatsachen mit Zuverlässigkeit hervor. Schon der Umstand, dass plutonische Gebilde durch die Wirkung des Wassers zerstört wurden und das Material zu den Sandsteinen und ihren Zwischenlagern lieferten, spricht in hohem Grade für eine starke Bewegung der Gewässer. Besonders klar aber wird die Heftigkeit der Strömung durch das häufige Vorkommen von Geröllen in den untern Lagen des bunten Sandsteins. Im Schwarzwald endlich findet man häufig zwischen dem bunten Sandstein und dem plutonischen Gebirge Zusammenschwemmungen von Geröllen aus plutonischen Gesteinen. Offenbar sind diese die Folgen heftiger Strömungen, welche nach Bildung der plutonischen Gesteine und vor der Ablagerung des bunten Sandsteins über das Gebirge hinzogen.

Die Ablagerung des Muschelkalks und Keupers erfolgte durch ruhige Absätze aus dem Meere. Der Kalk- und Mergel-Schlamm, welchen das Wasser enthielt, setzte sich zu Boden und erhärtete nach und nach zu festem Gesteine.

Das Steinsalz im Muschelkalk bildete sich sehr wahrscheinlich in Folge der Verdunstung des Meerwassers in geschlossenen Becken. Der Umstand, dass das Steinsalz mit Zwischenlagern von Thon wechselt, spricht ganz besonders für seine neptunische Bildung, während die Theorie einiger Geologen, wornach das Steinsalz ein plutonisches Erzeugniss, ein Produkt der Sublimation sein soll, viel geringere Wahrscheinlichkeit für sich hat.

Ebenso scheint der Gyps des Muschelkalks und Keupers mit seinen Zwischenlagern von Mergel und Thon keine plutonische Bildung zu sein, sondern ein ruhiger Absatz aus Wasser, in welchem der schwefelsaure Kalk gelöst war.

Während des dritten geologischen Zeitraums fanden keine grossen Durchbrüche plutonischer Gebilde statt. Man hat noch

nirgends mit Sicherheit nachgewiesen, dass Granite, Porphyre, Syenite u. s. w. gangförmig in bunten Sandstein oder Keuper eindringen, oder aber, dass plutonische Gebilde in Berührung mit neptunischen Gesteinen des dritten Zeitraums diese umgewandelt haben und Brocken derselben einschliessen. Die Bildung der Serpentine erfolgte, wie wir weiter unten sehen werden, in einer noch spätern geologischen Periode; zudem ist deren plutonische Natur sehr zweifelhaft. — Was bisher für plutonische Eruptionen im dritten Zeitraum gehalten wurde (nämlich die Bildung von Erzgängen, welche im bunten Sandstein nicht selten sind und bisweilen noch im Muschelkalk erscheinen), ist wahrscheinlicher ebenfalls ein neptunisches Produkt.

Obwohl nun in dieser geologischen Periode keine neuen plutonischen Gesteine zum Durchbruch kamen und zu Tage traten, so fehlte es doch nicht an grossen unterirdischen Bewegungen, deren Wirkung sich bis auf die Erdoberfläche erstreckte. Dass solche Bewegungen im Innern der Erde stattfanden, geht hervor aus Schichten-Aufrichtungen und Dislocationen der Trias-Gebilde, an welchen die darüber gelegenen jurassischen Ablagerungen keinen Antheil nahmen. Wir haben bereits oben Seite 153 gesehen, dass solche Erscheinungen zu dem Schlusse berechtigen, die Hebung habe stattgefunden in der Zeit nach Ablagerung des Gesteines, dessen Schichten aufgerichtet sind und vor der Bildung des Gesteines, dessen Schichten wagrecht über den aufgerichteten liegen. — Dieses Phänomen der Hebung von Trias-Gebilden, während der darüber gelegene Jura sich in horizontaler Lage befindet, soll sich im Thüringerwald und im Böhmerwald zeigen. Wenn sich diese Angabe bestätigt, so würde man daraus zu schliessen berechtigt sein, dass in jenen Gegenden, während des dritten Zeitraums, oder bald nach demselben, plutonische Bewegungen stattfanden, welche Hebungen der Trias-Gebilde bewirkten und dadurch die Gestalt des Landes theilweise veränderten. — Bisher wurde ferner behauptet, dass auch im Schwarzwald und in den Vogesen nur der bunte Sandstein gehoben und dislocirt sei, der Muschelkalk und Keuper nicht, und dass mit der Emporhebung des bunten Sandsteins auch diese beiden Gebirgs-Ketten zum grössten Theil emporgehoben worden seien und dadurch ihre jetzige Gestalt und Höhe erhalten haben. Diese Angabe bestätigt sich nicht. Im Schwarzwalde fanden, ausser mehreren kleinern, zwei Haupthebungen statt: die erste während des

zweiten Zeitraums und die letzte und grösste, welcher das Gebirge seine jetzige Gestalt verdankt, gegen das Ende der sechsten Periode, während der Diluvial-Zeit. Was vom Schwarzwald in dieser Beziehung gilt, lässt sich im Wesentlichen auch auf die benachbarten, dem Schwarzwald parallel laufenden Vogesen anwenden.

b. Allgemeine Charaktere der Flora und Fauna.

Die Flora des dritten Zeitraums unterscheidet sich von jener des zweiten durch die wesentlichsten Merkmale. Während in der zweiten Periode die baumartigen Farren so sehr vorherrschen, dass sie bei weitem den grössten Theil der Pflanzen jener Zeit bilden, sind sie im dritten Zeitraum schon ganz zurückgetreten. Baumartige Farren finden sich zwar noch, aber nicht nur nicht mehr vorherrschend, sondern in weit geringerer Anzahl als Pflanzen aus andern Familien. Lycopodiaceen sind sogar kaum angedeutet. — Dagegen kommen im dritten Zeitraum noch sehr häufig riesenmässige Equisetaceen vor, namentlich die Gattung Calamites, welche schon früher aufgetreten war, und dann erscheint zuerst die Gattung Equisetum. — Sehr bezeichnend für die Flora dieser Periode ist das erste häufigere Auftreten von Cycadeen; dann verdient ferner besondere Beachtung das häufige Erscheinen eigenthümlicher Coniferen aus den Gattungen Voltzia und Albertia.

Die ganze Vegetation des dritten Zeitraumes trägt den Charakter einer Tropenflora.

Die Fauna der dritten Periode ist auf eine merkwürdige Weise eigenthümlich und gänzlich verschieden von jener des zweiten und vierten Zeitraums. — Unter den allgemeinen Merkmalen dieser Fauna können vorzüglich die folgenden hervorgehoben werden: der Mangel an Polypen, das häufige Auftreten des Encrinus liliiformis aus der Klasse der Strahlthiere; unter den Mollusken, das Auftreten ganz eigenthümlicher Bivalven, namentlich der Avicula socialis, Myophoria vulgaris u. s. w.; dann das Erscheinen von Ammoniten aus der Familie der Ceratiten. In der Klasse der Crustaceen erscheinen die ersten langschwänzigen Krebse. Die Fische dieser Periode bieten wenig allgemein Interessantes dar. Während früher nur spärliche Reptilien vorkamen, erscheinen im dritten Zeitraum schon mehrere Gattungen und Arten von Sauriern, theils schwimmende, theils Landamphibien.

Auch die Beschaffenheit dieser Fauna lässt auf ein heisses Klima schliessen.

Die ganze Flora, die ganze Fauna der Trias ist mit dem Schlusse des dritten Zeitraumes ausgestorben. Nicht eine einzige Pflanze, nicht ein einziges Thier der Trias-Gebilde erscheint mehr in den Ablagerungen der folgenden vierten Periode, geschweige denn in der gegenwärtigen Zeit.

Der gänzliche Mangel an Süsswasser-Mollusken und an Land-Säugethieren beweist, dass während dieses Zeitraumes noch keine grossen Continente vorhanden waren. Ein ungeheueres urweltliches Meer, aus welchem nur einzelne Inseln hervorragten, bedeckte damals noch unsere ganze Erde.

Vierter Zeitraum.

Das wichtigste Naturereigniss, welches sich in dieser Periode zutrug, war die Ablagerung sehr mächtiger und über weite Länderstrecken in ganzen Gebirgszügen verbreiteter neptunischer Gesteine, welche die Benennung Jura-Gebilde erhalten haben, weil sie besonders mächtig im Schweizer-Jura entwickelt sind oder Oolith-Gebilde, weil in denselben häufig Oolithe, Rogensteine, vorkommen. — Der Jura ist grösstentheils Meeresbildung; nur wenige Süsswasserbildungen wurden in demselben bisher nachgewiesen. — Die Beschreibung dieser Ablagerungen und ihrer organischen Reste bildet fast die ganze Geschichte des vierten geologischen Zeitraumes.

Jura-Gebilde.

(Jura-Formation.)

Die jurassischen Ablagerungen wurden zuerst genau von den englischen Geologen Smith und besonders von Conybeare und Philipps untersucht. Diese Gebilde haben daher grossentheils englische Namen erhalten, welche auch von den meisten Geologen angenommen wurden, da ihnen gewissermassen Prioritäts-Rechte gebühren.

Der Jura lässt sich sehr naturgemäss in drei Hauptabtheilungen trennen: den untern, mittlern und obern Jura. — L. v. Buch hat diese drei Abtheilungen nach den Hauptfarben

der Gesteine, wie sie im südöstlichen Deutschland auftreten: schwarzen, braunen und weissen Jura genannt. — Jede Hauptabtheilung der Jura-Gebilde zerfällt wieder in Unterabtheilungen.

Diesen Unterabtheilungen hat man sehr verschiedene Namen gegeben. Es dürfte am passendsten sein, zur Vermeidung von Verwirrungen, jede Unterabtheilung zuerst durch eine Charakteristik zu bezeichnen, dann, da doch Namen nothwendig sind, aus den Synonymien irgend eine auszuwählen und die übrigen in Parenthese anzuführen.

Erster Abschnitt.

Unterer Jura.

(Schwarzer Jura. Lias*.)

Diese unterste jurassische Ablagerung ruht, wo die Trias-Gebilde entwickelt sind, auf Keuper und wird von unterem Rogenstein bedeckt.

Der untere Jura kann naturgemäss in fünf Abtheilungen getrennt werden. Diese sind, von unten nach aufwärts: 1. Lias-Sandstein, 2. Gryphiten-Kalk, 3. Belemniten-Mergel, 4. Posidonien-Schiefer und 5. Oberer Lias-Mergel.

Erste Abtheilung. Sandsteine mit Lima gigantea und Ammonites angulatus.

Lias-Sandstein.

Die Gebilde dieser Ablagerung bestehen vorherrschend aus Mergel- und Thon-Sandsteinen, meist von schmutzig gelber oder gelbrother Farbe und regelmässig geschichtet. Sie liegen auf Keuper und unter dem Gryphiten-Kalk in einer mittlern Mächtigkeit von 40—50′.

Die Lias-Sandsteine können leicht mit Keuper-Sandsteinen verwechselt werden und wurden auch lange damit verwechselt. Sie unterscheiden sich aber von denselben ganz wesentlich und bestimmt durch bezeichnende Lias-Versteinerungen, welche dem Keuper vollkommen fremd sind, namentlich: Pentacriniten-Stiele, Gryphaea arcuata (wiewohl noch sparsam), Lima gigantea, Nautilus aratus, Ammonites psilonotus, angulatus u. s. w.

---

* Ein englischer Provinzialname, aus dem Worte Layers, Lager, gebildet.

Die Lias-Sandsteine sind bei weitem nicht überall im Lias verbreitet. Sie finden sich am häufigsten im fränkischen Jura und in Württemberg.

Zweite Abtheilung. Kalksteine mit Gryphaea arcuata und Ammoniten aus der Familie der Arietes.

Gryphiten-Kalk (Lias-Kalk).

Die Kalksteine dieser Ablagerung besitzen immer dunkle Farben, sie sind grau oder grauschwarz, von reichlichem Gehalt an Bitumen, dabei meist etwas mergelig, von dichter Struktur und deutlich geschichtet.

Der Lias-Kalk zeichnet sich durch grossen Reichthum an Versteinerungen aus, von welchen als ganz besonders bezeichnend herausgehoben zu werden verdienen: Gryphaea arcuata, die sich oft in ausserordentlicher Menge in diesen Kalksteinen findet und die Benennung Gryphiten-Kalk veranlasste, dann Ammoniten aus der Familie der Arietes.

Die Mächtigkeit dieser Ablagerung beträgt im Mittel ein paar hundert Fuss. — Der Lias-Kalk tritt häufig für sich allein auf und bildet ein fruchtbares, aber wenig malerisches Hügelland, mit sanft ansteigenden, abgerundeten Bergen und breiten flachen Thälern. Nicht selten auch setzt er am Fusse der höhern Jura-Berge vorspringende, abgerundete Hügel zusammen, über welchen sich die jüngern jurassischen Ablagerungen erheben.

Dritte Abtheilung. Mergelige Kalksteine, Mergel-Schiefer und erdige Mergel mit zahllosen Belemniten, dann Ammonites capricornus, Amaltheus und Terebratula numismalis.

Belemniten-Mergel (Lias-Mergel. Mittlerer Lias. Numismalis-Mergel und Amaltheen-Thon von Quenstedt).

Ueber den Gryphiten-Schichten treten im Lias häufig graue, manchmal schmutzig gelbe, erdige Mergel auf, wechsellagernd mit meist grauen, dünngeschichteten, mergeligen Kalksteinen und mit grauen und grauschwarzen Mergel-Schiefern.

Diese mergelige Ablagerung ist vorzugsweise charakterisirt durch zahllose Belemniten, dann durch Ammonites capricornus, Amaltheus, costatus und überhaupt durch das erste Vorkommen im Lias von vielen kleinen verkieselten Ammoniten.

Ferner sind für diese Abtheilung bezeichnend: Terebratula numismalis, Gryphaea cymbula, Plicatula spinosa und einige Nucula-Arten.

Die Lias-Mergel erreichen eine Mächtigkeit von hundert bis zu ein paar hundert Fuss.

Vierte Abtheilung. Mergel-Schiefer und mergelige Kalksteine mit Posidonia Bronni, Inoceramus gryphoides und Ammoniten aus der Familie der Falciferi.

Posidonien-Schiefer (Lias-Schiefer).

Die Ablagerung besteht aus dunkelgrauen und schwärzlichen Mergel-Schiefern, meist sehr dünn und zerbrechlich. Sie erhalten ihre Farbe theils von Bitumen, theils von Kohle und manchmal sind sie so kohlig, dass sie verglimmen. Bisweilen zeigen sich zwischen diesen Schiefern kleine Einlagerungen von Pechkohle, welche schon öfters zu einem fruchtlosen Bergbau Anlass gegeben haben. In Virginien dagegen sind bedeutende Kohlenlager im Lias entdeckt worden. — Häufig enthalten die Lias-Schiefer Schwefelkies in Körnern eingesprengt oder in Knollen eingelagert. — Gewöhnlich wechseln die Schiefer mit kleinen Zwischenlagern von dunkelgrauen mergeligen Kalksteinen.

Die charakteristischen Versteinerungen der Lias-Schiefer sind vorzüglich: Posidonia Bronnii, Inoceramus gryphoides, Ammoniten aus der Familie der Falciferi, dann Fische und Saurier.

Die Mächtigkeit dieser Schiefer beträgt im Mittel hundert bis ein paar hundert Fuss. Sie erscheinen oft für sich selbstständig und bilden dann ein Hügelland, das sich gegen die höhern Jura-Gebilde hinaufzieht.

Als Dach-Schiefer sind die Lias-Schiefer nicht brauchbar; dagegen werden sie bisweilen, wegen ihres Gehaltes an Eisenkies, zur Bereitung von Eisenvitriol und Alaun verwendet.

Fünfte Abtheilung. Mergelige Kalksteine und erdige Mergel mit Ammonites jurensis und radians, dann mit Belemnites digitalis.

Obere Lias-Mergel (Jurensis-Mergel).

Hellgraue und braungelbe mergelige Kalksteine, erdige Mergel und Mergel-Schiefer, bloss in einer mittlern Mächtigkeit von eini-

gen Fuss, ausnahmsweise jedoch bis zu 40—50' und darüber, bedecken im badischen Seekreis, im Schaffhauser Jura, in Württemberg, Hohenzollern und bis nach Franken hinein sehr häufig die Posidonien-Schiefer und bilden den Schluss des untern Jura.

Durch die oben erwähnten charakteristischen Versteinerungen ist diese Ablagerung überall leicht zu erkennen.

Verbreitung des ganzen untern Jura.

Der Lias ist eine über die meisten europäischen Länder verbreitete Ablagerung. Die Gegenden, in welchen er vorzugsweise sich findet, sind folgende: Deutschland: in Baden zieht er sich am Südost- und Ost-Abhang des Schwarzwaldes hin ins Württembergische, wo er, so wie in Sigmaringen, den westlichen Fuss der rauhen Alb bildet; von da geht er nach Baiern in den fränkischen Jura und dann nach Sachsen in die Umgebungen von Coburg. Ferner findet sich der Lias am Westabhang des Schwarzwaldes im Breisgau, dann im Hügelland zwischen Schwarzwald und Odenwald bei Langenbrücken; endlich in Norddeutschland: in Preussen, Provinz Sachsen, in Hannover und Braunschweig, am Nordrande des Harzes, von wo er sich bis in den Teutoburger-Wald ausdehnt. — In der Schweiz findet sich der Lias in den meisten Cantonen, durch welche der Jura zieht, dann und in der grössten bekannten Mächtigkeit, in der Alpenkette, besonders in den Berner-Alpen. — In Frankreich tritt diese Ablagerung in grosser Ausdehnung auf: am Westabhang der Vogesen und am Ostabhang dieses Gebirges, besonders unterhalb Strassburg; ferner im französischen Jura, in den Departements des Doubs, der Haute-Saône, der Côte d'or u. s. w.; dann in verschiedenen Gegenden im mittlern und südlichen Frankreich, endlich und besonders im westlichen Frankreich, in der ehemaligen Normandie. — Auch in England ist der Lias sehr verbreitet; er zieht sich dort quer durch die Mitte des Landes vom nördlichen bis an das südliche Ende. — Man hat ferner den untern Jura noch in Russland, in Polen, Ungarn, Spanien und Nordamerika nachgewiesen.

An einigen Localitäten, wie in der Gegend von Quedlinburg und Halberstadt, Boll in Württemberg, Müllingen im Schweizerkanton Aargau, zu Hoer in Dänemark und in England sind Süsswasser-Gebilde des Lias aufgefunden worden, die sich durch Landpflanzen aus der Klasse der Farrenkräuter und Equisetaceen, der Ordnung

der Cycadeen, Cypressen und Gräser, ebenso durch Insekten (nie Meeresbewohner!) charakterisiren.

Organische Reste des untern Jura.

FLORA.

Im untern Jura sind Pflanzenreste selten. Dieselben werden noch am häufigsten in Deutschland gefunden und zwar bei Baireuth, bei Coburg, Halberstadt und im Württembergischen, dann in England (Lyme Regis), Dänemark (Hoer) und in der Schweiz.

Die Liasflora enthält einige ziemlich verbreitete Meeresalgen, wenige Equisetaceen, die an Grösse weit unter denen früherer Epochen stehen; dann aber ist sie reich an Farrenkräutern, namentlich Pecopterideen. Von Lycopodiaceen ragen noch einige Formen früherer Floren, Lepidodendren und Lycopodites-Arten in die Liasflora hinein. Sehr bezeichnend für letztere ist das Vorherrschen von Cycadeen. Coniferen sind nicht häufig. Von Monocotyledonen treten Gräser, Rafflesiaceen, Najadeen, Typhaceen, Bromeliaceen auf; Dicotyledonen dagegen fehlen noch gänzlich. Hieraus ergibt sich eine noch ziemlich grosse Verwandtschaft der Liasflora mit der des Keupers.

Von einzelnen Pflanzen mögen die folgenden kurz erwähnt werden:

Algen. Sphaerococcites granulatus, eine nicht seltene Pflanze, namentlich bei Boll im Württembergischen in mehreren Spielarten vorkommend. Ebenda kommt auch Chondrites bollensis vor.

Farne. Zum Unterschiede von den Farnen der Kohlenzeit zeichnen sich die des Lias durch die feine netzförmige Verschlingung der Blattnerven aus. Sehr bezeichnend sind folgende Pecopterideen: Thaumatopteris Münsteri, Camptopteris Nilssoni, Bergeri, Diplodictyum obtusilobum. Aus der Gruppe der Gleicheniaceen ist namentlich Laccopteris charakteristisch. Dann die Marsileaceen-Arten Jeanpaulia dichotoma, die schon im Keuper sich findet, und Sagenopteris elongata.

Von *Cycadeen* treten besonders viele Arten der Sippe Pterophyllum auf: Pt. minus, longifolium, acutifolium u. s. w. Dann Zamites Bechei, Bucklandi, Cycadites pectinatus, giganteus, Nilssonia compta, brevis, elongata, acuminata, Bergeri. — *Coniferen* kommen im Lias meist als halb-

verkohlte Holzstücke vor, namentlich die Gattung Peuce. Ausserdem finden sich Aeste, Nadeln (Blätter) und Zapfen von Widdringtonites, Taxodites, Schizolepis, Araucarites, Brachyphyllum.

Von *Monocotyledonen* ist das dickstengelige Bambusium liasinum, unserm Schilfrohr ähnlich, dann Palaeoxyris multiceps aus der Familie der Bromeliaceen zu erwähnen.

FAUNA.

Sie ist ausserordentlich reich an Individuen und mannigfaltig an Familien, Gattungen und Arten. Die Thierwelt dieser Periode ist eine ganz andere als die der dritten; alles neue Geschöpfe; nicht ein einziges Thier der Trias wiederholt sich mehr. Dadurch wird gewiss mit Recht ein neuer Abschnitt in der Erdgeschichte begründet und die Dauer der Liaszeit muss eine sehr lange gewesen sein, sonst hätte sich keine so reiche Thierschöpfung darin bilden können.

Anmerkung. Die Aufzählung der Petrefakten erfolgt hier nach den einzelnen Stockwerken des Lias, da dieser Gang sich am nützlichsten für die richtige Bestimmung derselben erweist.

Liassandstein.

Er hat keine ganz allein ihm eigene Thier-Versteinerungen; die meisten finden sich im Liaskalke wieder und die wichtigsten Vorkommnisse wurden zudem schon aufgezählt.

Gryphitenkalk.

Foraminiferen und *Polypen* sind darin selten.

Aus der Classe der *Strahlthiere* und der Familie der Stylastriten ist vorzüglich bezeichnend: Pentacrinus, meist als Stielglieder vorkommend. Unter den 10 Arten des Lias ist in der untern Abtheilung häufig: Pent. basaltiformis (noch andere Arten und auch öfter vollständige Exemplare derselben mit Kronen kommen in den Mergeln vor).

Mollusken. Brachyopoden. Terebratula; glatte Terebrateln: T. vicinalis, Rehmanni; gerippte: T. variabilis und triplicata, Spirifer Walcotti und rostratus. — *Pelecypoden.* Gryphaea arcuata, zu Millionen vorkommend. In den obern hellgrauen mergeligen Schichten ist dagegen G. cymbula häufiger und bezeichnend. Pecten calvus (glatt), priscus (gerippt), Avicula inaequivalvis, Lima gigantea, Her-

manni, duplicata, Pholadomya Voltzi, glabra, compta. Die Pholadomyen erscheinen besonders in den obern mergeligen Schichten des Liaskalks. Lyonsia striata, Cardinia (Unio) concinna, Pinna diluviana, Hartmanni. — *Gasteropoden.* Pleurotomaria anglica, Rotella polita. — *Cephalopoden.* Nautilus aratus, lineatus. Ammonites. Aus der Familie der Ammoneen haben wir im Uebergangsgebirge namentlich die Gattung Goniatites, im Triasgebirge Ceratites kennen gelernt. Mit der Liasschöpfung tritt die den genannten nahe verwandte Sippe Ammonites auf und spielt in der ganzen Jura- und Kreideschöpfung eine hervorragende Rolle. Ihr Vorkommen ist zwar schon im alpinen Muschelkalke von St. Cassian erwiesen, allein entschieden bezeichnend ist sie nur für den Jura und die Kreide. Der ungemeine Artenreichthum dieser Sippe im Jura und in der Kreide erfordert eine Eintheilung der Arten in besondere Gruppen (Familien), die wir hier mit kurzen Diagnosen folgen lassen:

A. Auf dem Rücken deutlich vorstehender Kiel.

1. Arietes. Deutlicher Kiel auf breitem Rücken; sehr grosse Seitensättel; starke einfache Rippen.
2. Amalthei. Kiel meist gekerbt; Rippen nicht sichelförmig (hierher auch die Gruppe Pulchelli).
3. Falciferi. Kiel scharf auf schmalem Rücken; sichelförmige Rippen (dahin auch Cristati, Disci und Clypeiformes).

B. Auf dem Rücken Zähnchen oder Knötchen.

4. Rhotomagenses. Eine Reihe Knoten auf breitem Rücken; dicke Rippen, auf denen die Knoten als 4—5 Reihen von Höckern stehen.
5. Armati. Starke Höcker auf dem Rücken; auch noch Knoten auf den Seiten.
6. Dentati. Zähnchen oder Knötchen auf dem Rücken und zwar theils nur eine, theils zwei Reihen. Oft auch Knötchen auf den Seiten (hierher auch Ornati und Compressi).
7. Flexuosi. Seiten mit zwei Höckerreihen, eine am Rücken, eine am Nabel. Windungen zusammengedrückt, viel höher als breit, stark umfassend.

C. Auf dem Rücken weder Kiel noch Zäckchen oder Knoten.

8. Capricorni. Rippen ungetheilt über den Rücken weglaufend.

9. Planulati. Rippen über den Rücken weglaufend, vorher sich gabelnd (hierher auch Lineati).
10. Heterophylli. Schmal, flach, Windungen schnell zunehmend, daher grosse schmale Mundöffnung. Fast keine Rippen. Sättel sehr zerschlitzt, blattförmig.
11. Macrocephali. Stark aufgebläht, Nautilus-artig, Umgänge stark umfassend (dazu Coronarii und Globosi).

Ausser A. angulatus und philonotus aus der Gruppe der Amalthei, die für den Sandstein bezeichnender sind, treten im Liaskalk aus der Familie der Arietes namentlich A. Bucklandi und Conybeari, von Amaltheen, die weiter oben mit Gryphaea cymbula zusammen vorkommenden A. raricostatus und Turneri auf. — Aus der Abtheilung der Cephalopoden mit zwei Kiemen erscheinen in Begleitung der Ammoniten die Belemniten, um am Schlusse der Kreidezeit auch wieder mit denselben für immer unterzugehen. Da sie in den untern Liasétagen sparsam auftreten und nur B. abbreviatus fast ausschliesslich daselbst vorkommt, so versparen wir ihre Charakteristik bis in die nächste Abtheilung des Lias.

Belemnitenmergel.

Radiarien. Pentacrinites scalaris, dann noch basaltiformis.

Mollusken. Brachiopoden. Terebratula numismalis, rimosa und noch einige Terebrateln aus dem untern Lias; Spirifer granulosus und Walcotti, beide selten. Von den *Pelecypoden* des Gryphitenkalkes kommt noch eine oder die andere Muschel, aber selten, vor. Den Belemnitenmergeln eigenthümlich ist Plicatula spinosa und nodulosa. — *Gasteropoden.* Trochus imbricatus. — *Cephalopoden.* Nautilus squamosus (verkiest). Unter den Ammoniten der Mergel, die häufig verkiest oder in Brauneisenstein verwandelt vorkommen, sind die Arietes fast gänzlich verschwunden. Für die untern Schichten sind die folgenden bezeichnend: Falciferi: A. oxynotus; Capricorni: A. capricornus, bifer; Armati: A. armatus. — In den obern Schichten finden sich: Capricorni: A. polymorphus (hiezu auch A. Natrix und Jamesoni), A. lineatus und centaurus. Hoch oben in den Mergeln treten noch Amaltheen auf, wie A. amaltheus, und Heterophyllen, wie A. heterophyllus. — Belemnites (von βελεμνον, Wurfspiess, Pfeil); es sind diess innere

Knochen von Cephalopoden, ähnlich jenen von Sepia und Loligo. Ueber die Natur des ganzen Thieres ist durchaus nichts Bestimmtes bekannt. Die Grösse der Belemniten ist sehr verschieden, von 1 bis mehrere Zoll, bis 1 Fuss und darüber. Man theilt sie in zwei Abtheilungen:

a. Integrae. Ganz glatt oder nur mit kleinen Furchen, die von der Spitze eine Strecke weit abwärts laufen.

b. Canaliculatae. Eine Furche zieht sich von unten nach aufwärts bis zur Spitze oder in die Nähe derselben.

Die Belemniten der Belemnitenmergel gehören alle der ersten Abtheilung an und sind ausserordentlich häufig, wie B. paxillosus Schloth., brevis Blainv., clavatus Blainv. (subclavatus Voltz).

Fische und *Saurier* sind fast dieselben wie in den Liasschiefern und dort häufiger.

Posidonienschiefer.

Radiarien. Pentacrinites; dieselben Arten wie im übrigen Lias sind auch hier ziemlich häufig; namentlich kommen in diesen Schichten auch Kronen vor.

Mollusken, zweischalige: Posidonia Bronni ist eine Leitmuschel. Inoceramus gryphoides (I. dubius) ist ebenfalls häufig; Avicula substriata (Monotis substriata) kommt dagegen nur in einigen Gegenden häufiger vor, so im Kalk der Posidonienschiefer, namentlich in Franken. — *Cephalopoden*. Die Ammoniten der Posidonienschiefer gehören grossentheils der Gruppe der Falciferen an, wie A. serpentinus, lythensis, Strangwaysii, die unter einander wenig Verschiedenheiten bieten. In diesen Schichten treten auch die ersten Planulaten auf, nämlich A. annulatus (oder communis). Zu den Planulaten wurden (S. 186) auch die Lineati (oder Fimbriati) gestellt. Ihr wichtigster hierher gehöriger Repräsentant ist A. fimbriatus. Unter den Belemniten der Posidonienschiefer ist B. acuarius der bezeichnendste.

Anhang zu den Cephalopoden. — Ein in den Schiefern des schwarzen Jura nicht selten vorkommendes Petrefakt war lange der Gegenstand zahlreicher Controversen, nämlich Aptychus (Unfalter), einer Muschelschale ähnlich, meist zu zwei vorkommend. Neuerdings hält man die Aptychen für innere Knochen von Ammoniten. In den Posidonienschiefern findet sich namentlich A. elasma.

Insekten. Bis auf wenige Thierchen aus der Kohlenformation war bisher diese in heutiger erdgeschichtlicher Periode bei weitem

formen- und individuenreichste Thierklasse in der Urwelt nicht vertreten. Mit dem Lias treten nun schon zahlreichere Formen derselben auf, die in den Süsswassergebilden Englands und der Schweiz gefunden wurden. Dass ich diese Angabe dem Posidonienschiefer einreihe, hat keinen andern Grund als den, dass dieser Platz, obwohl nicht der rechte, doch passender scheint, als die Süsswassergebilde, die doch einen sehr untergeordneten Rang im Lias einnehmen, ganz separat zu behandeln.

Aus der Klasse der *Krebse* treten die Gattungen Coleia, Eryon, Glyphea im schwarzen Jura auf.

Fische. Vom Lias an treten Fische auf, deren Schwanzflosse wie bei den heutzutage lebenden Fischen gebildet ist, deren Wirbelsäule sich nicht mehr in die Schwanzflosse verlängert. Die bemerkenswerthesten Gattungen und Arten der Posidonienschiefer sind folgende: Leptolepis Bronni (Fundorte: Neidingen, Boll etc.); L. Jaegeri (Boll); Tetragonolepis semicinctus (Neidingen, Württembergische Alp); Lepidotus gigas, in Württemberg, Baiern, Frankreich, England vorkommend; Pholidophorus lanceolatus, furcatus und mehrere andere Arten; sämmtlich kleine, im Aeussern den Häringen ähnliche Thiere; Pachycormus macropterus, in Württemberg und Frankreich aufgefunden.

Reptilien. Es treten in der jurassischen Formation aus der Ordnung der *Saurier* krokodilartige Thiere in ziemlich bedeutender Menge und in grossen zum Theil ganz eigenthümlichen Formen auf. Ziemlich viele kommen schon im Lias vor. Sie finden sich nicht nur in einzelnen Bruchstücken, wie in der vorigen Formation, sondern selbst bisweilen in ganzen Skeletten, theils im Liaskalk, theils und vorzugsweise im Schiefer. — Hauptfundorte der Reptilien des Lias sind: Boll bei Göppingen und Ohmden bei Boll; Banz bei Lichtenfels am Main in Baiern, an der baierischen Grenze gegen Coburg; Friedrichsgmünd und Altdorf unweit Nürnberg in Baiern; Lyme Regis in England. — Unter den Sauriern mit Schwimmfüssen sind die folgenden die wichtigsten und merkwürdigsten: Ichthyosaurus, mit 13 Arten, die theils als ganze Skelette, theils nur in einzelnen Bruckstücken an den verschiedensten Lokalitäten vorkommen, namentlich in England, Württemberg und Baiern. Die verbreitetsten Arten sind: I. communis, tenuirostris, acutirostris und platyodon; Plesiosaurus, mit 12 Arten, namentlich im Lias Englands aufgefunden; hierher P. dolichodeirus, ma-

crocephalus, brachycephalus etc. — Eine fernere Abtheilung der Saurier sind die Fliegechsen, worunter Pterodactylus das interessanteste Geschlecht. Die dem Lias angehörende Art ist P. (Rhamphorhynchus) macronyx, in England und Baiern vorkommend. — Eine dritte Abtheilung bilden endlich die krokodilartigen Saurier. Die bemerkenswerthesten sind: Mystriosaurus (Macrospondylus) bollensis, longipes und Pelagosaurus typus, sämmtlich in der Umgebung von Boll in Württemberg aufgefunden. — Endlich verdient noch besondere Erwähnung die Auffindung von fossilen Exkrementen von Sauriern, die sog. Coprolithen (κοπρος, Stercus). In ausserordentlicher Menge kommen sie in England im Lias von Lyme Regis und an der Mündung des Severn bei Bristol vor. Buckland war der erste, der ihre Bedeutung erkannte. Nachdem diese erst aus der Form der Coprolithen gemuthmasst wurde, gab ihr Vorkommen in vielen Skeletten fossiler Saurier endlich darüber Gewissheit; dann ihre Lage in der Bauchgegend der Skelette und hauptsächlich ihre Bestandtheile, worunter zerbissene Fischreste und selbst Wirbel kleinerer Ichthyosauri liessen deren Natur nicht mehr verkennen. Harnsäure kommt darin nicht vor und die Hauptmasse dieser länglichen, kartoffelförmigen, 2—4 Zoll langen und 1—2 Zoll dicken grauen Körper wird von Mergelmasse gebildet.

Andere Ordnungen der Reptilien, so wie *Vögel* und *Säugethiere* finden sich nicht im Lias.

Obere Liasmergel.

Hier kommen als charakteristische Petrefakten Ammonites jurensis, insignis, radians vor; der erstere gehört der Familie der Lineati, der andere den Amaltheen, der letztere den Falciferen an. Unter den Belemniten ist B. digitalis sehr bezeichnend.

Zweiter Abschnitt.

Mittlerer Jura.

(Brauner Jura).

Diese zweite Hauptabtheilung der Jura-Gebilde enthält mehrere, durch ihre Versteinerungen genau von einander verschiedene Ablagerungen. Man kann je nach diesen verschiedenen Versteinerungen acht Unterabtheilungen des mittlern Jura in Deutschland unterscheiden: 1. Trigonien-Mergel, 2. Unterer-Rogenstein, 3. Co-

ronaten-Kalk, 4. Haupt-Rogenstein, 5. Bradford-Thon, 6. Oberer Rogenstein, 7. Oxford-Thon und 8. Pholadomyen-Mergel. — Dazu kommt noch ein Local-Gebilde in England, der Stonesfield-Schiefer.

Erste Abtheilung. Mergel mit Trigonia navis und Ammonites opalinus.

Trigonien-Mergel (Opalinusthon. Unterer brauner Jura α nach Quenstedt).

Diese Ablagerung besteht aus dunkelgrauen erdigen Mergeln und Mergel-Schiefern, ganz ähnlich den Lias-Mergeln und Schiefern, welche eine mittlere Mächtigkeit von 100—200′ erreichen.

Man findet die Trigonien-Mergel bei weitem nicht überall entwickelt, wo der mittlere Jura auftritt. Sie finden sich besonders im württembergischen Jura, dann im untern Elsass bei Gundershofen unweit Strassburg.

Charakteristische Petrefakten *. — Trigonia navis, Gervillia aviculoides, Cytherea trigonellaris, Nucula Hammeri, Ammonites opalinus.

Zweite Abtheilung. Eisenschüssige Sandsteine und Kalksteine mit Pecten personatus.

Unterer Rogenstein (Eisen-Rogenstein. Dogger. Oberer Lias-Sandstein).

Zu unterst in dieser Ablagerung erscheinen öfters eisenschüssige, schmutzig-gelbe und braunrothe Mergelsandsteine.

Ueber diesen Sandsteinen liegen eisenschüssige rauhe, öfters sandige Kalksteine, theils und am häufigsten dunkel braunroth, dann abfärbend, die Finger beschmutzend, theils ockergelb in's Braune. Sie haben oft dichte Struktur, oft aber sind sie Rogensteine, d. h. die dichte Kalkmasse enthält zahllose runde, beiläufig hirsekorngrosse und grössere Körner von eisenschüssigem kohlensaurem Kalk oder von mergeligem Rotheisenstein (Eisenrogenstein). — Bisweilen sind diese Kalksteine so reich an Eisenoxyd, dass sie zur Ausschmelzung von metallischem Eisen gebraucht werden können.

Die Mächtigkeit dieser Gruppe beträgt im Durchschnitt 200

* Die Flora des mittlern Jura, deren Arten nicht für einzelne Schichten bezeichnend sind, folgt am Schlusse desselben.

—400'. Sie bildet ein fruchtbares Hügelland ohne malerische Fels-Gegenden, durch die rothe Farbe der Felder oft weithin sichtbar.

Als ein sehr beachtenswerthes Local-Gebilde verdient ein grosses bauwürdiges Steinkohlenlager erwähnt zu werden, welches sich bei Brora in Schottland im untern Rogenstein findet. Ausser dort hat man bis jetzt noch nirgends im mittlern Jura Steinkohlen angetroffen.

Vorkommen. — Der untere Rogenstein ist eine der Hauptablagerungen des ganzen mittlern Jura. Sie findet sich in Deutschland im ganzen Zug des süddeutschen Jura in Baden, Württemberg, Hohenzollern und Baiern; dann im norddeutschen Jura in Hannover und Braunschweig. Ferner kommt der untere Rogenstein vor im Jura der Schweiz, dann in Frankreich und England, namentlich in den schon genannten Gegenden, wo der Lias entwickelt ist.

Charakteristische Versteinerungen. — Stellenweise sind häufig, aber dann auch wieder sehr spärlich verbreitet: Pecten personatus, demissus, Avicula elegans, Ammonites Murchisonae, discus. (Von Petrefakten der folgenden Abtheilung finden sich schon, aber nur spärlich: Ostrea Marshii, O. explanata und Lima proboscidea.)

Dritte Abtheilung. Mergelige Kalksteine und erdige Mergel mit Ostrea Marshii, Lima proboscidea, Ammonites coronatus und Belemnites giganteus.

Coronaten-Kalk (Unterer Rogenstein z. Thl. Eisen-Rogenstein z. Thl. Walk-Erde z. Thl. Mittlerer brauner Jura γ.)

Graue und blaulich-graue, stellenweise ockergelbe und hellbraune, mergelige, aber doch oft harte Kalksteine, meist von dichter Struktur, bisweilen oolithisch durch braune und ockergelbe Körnchen von mergeligem Brauneisenstein. — Nach oben wird dieses Gebilde mergelig und endigt mit erdigen, grauen und ockergelben Mergeln, zwischen welchen einzelne Knauer von harten, meist grauen Kalksteinen liegen (sog. Walkerde, Fullers earth der englischen Geologen).

Der Coronaten-Kalk ist überall im deutschen Jura entwickelt, sowohl im Süden als im Norden des Landes. — Ebenso kommt er allgemein verbreitet vor im ganzen Zug des Schweizer Jura und im französischen und englischen Jura.

Charakteristische Versteinerungen. — Als solche sind fast nur *Mollusken* von Wichtigkeit, wie: Terebratula ornithocephala, biplicata, concinna, spinosa, Ostrea Marshii, explanata; Ostrea acuminata, nur ganz oben in den Mergeln, zunächst unter dem Hauptrogenstein, in der sog. Walkerde; Pecten demissus, seltener als im untern Rogenstein; Pholadomya Murchisoni, Gresslya (Lyonsia) lunulata, Mactromya littoralis, Trigonia costata, Modiola scalprum (M. cuneata), Perna mytiloides (P. quadrata), Ammonites coronatus (A. Blagdeni) und Humphresianus (Coronaten), Belemnites giganteus (B. aalensis).

Ringelwürmer. Sehr zahlreiche Serpula-Arten: Serpula limax, gordialis, socialis, flaccida.

Vierte Abtheilung. Hellfarbige Rogensteine mit Ostrea acuminata.

Haupt-Rogenstein (Bathoolith. Great oolite).

Der Hauptrogenstein besteht aus hellgelben und weisslichen Kalksteinen, angefüllt mit kleinen, schalig abgesonderten, runden Körnchen aus kohlensaurem Kalk, im Mittel von der Grösse eines Hirsekorns oder Stecknadelkopfes, oft noch kleiner, selten bis zur Grösse eines Hanfkornes. Bisweilen sind diese Rogensteine stellenweise grau gefärbt, seltner hellroth. Oefters enthalten sie blaulichgraue Flecken. — In den untern Lagen des Hauptrogensteins erscheinen bisweilen dichte Kalksteine, gewöhnlich von gelbbrauner Farbe.

Der Hauptrogenstein ist deutlich und regelmässig geschichtet. Auf den Klüften findet sich brauner Thon, bisweilen Bol. — Nicht selten zeigen sich in diesen Kalksteinen Drusen mit schönen Kalkspath-Krystallen ausgekleidet.

Die Mächtigkeit der Ablagerung beträgt ein paar hundert, bis zu tausend Fuss und darüber. Der Haupt-Rogenstein bildet also grössere Berge. Diese sind meist schroff, steil ansteigend und mit langgezogenen Rücken. Die harten schwer verwitternden Kalksteine bilden ein nur wenig fruchtbares Gelände, welches daher meist mit Wald oder auch mit Weinbergen bedeckt ist.

Verbreitung. — Der Hauptrogenstein findet sich in grösster Ausdehnung und Mächtigkeit im Jura der Schweiz, wo er im

ganzen Zuge desselben von Genf bis gegen Schaffhausen oft in beträchtlichen Bergen auftritt. Im Schaffhauser-Jura jedoch fehlt diese Ablagerung. — In Deutschland tritt der Hauptrogenstein besonders ausgezeichnet im Breisgauer-Jura auf, einer Forsetzung des Schweizer-Jura. Dagegen fehlt er gänzlich in dem grossen Zuge des schwäbischen und fränkischen Jura. Ebenso scheint der wahre Hauptrogenstein im hannöverschen und braunschweiger Jura zu fehlen. Endlich zeigt er sich noch sehr verbreitet in Frankreich und England und zwar in den Gegenden, wo dort überhaupt Jura-Gebilde auftreten und die schon beim Lias und untern Rogenstein erwähnt wurden.

Charakteristische Versteinerungen. — *Polypen:* Astrea helianthoides, concinna.

Radiarien. Seeigel: Nucleolites clunicularis und scutatus.

Mollusken: Ostrea acuminata, Lima tumescens; Belemniten (erste Canaliculatae).

Ringelwürmer: Serpula socialis.

Mit dem Coronaten-Kalk hat der Hauptrogenstein folgende Petrefakten gemeinschaftlich: Terebratula ornithocephala, biplicata und concinna, Ostrea Marshi und explanata, Trigonia costata. Sehr selten sind: Ammonites coronatus und Belemnites giganteus.

Fünfte Abtheilung. Mergel und mergelige Kalksteine mit Ostrea costata und Terebratula varians.

Bradford-Thon (Parkinsoni-Thon. Oberer brauner Jura ε, z. Th.).

Diese Ablagerung besteht aus erdigen Mergeln von schmutzig gelber, brauner oder grauer Farbe (Bradford-Mergel), mit Zwischenlagern von grauen, mergeligen Kalksteinen (Bradford-Kalk). Diese Kalksteine werden an der Luft blaulich grau und erhalten hellgelbe Flecken und Streifen, ein Aussehen, wodurch sie schon petrographisch gut bezeichnet sind. — In ihren untern Lagen nehmen die Gesteine dieser Abtheilung manchmal Rogenstein-Structur an (Bradford-Rogenstein). Sie werden dann den Rogensteinen des Coronaten-Kalks oder jenen der folgenden sechsten Abtheilung sehr ähnlich. Durch ihre Versteinerungen sind sie aber leicht von beiden zu unterscheiden.

Oefters tritt diese Ablagerung nur als ein wenig mächtiges Zwischengebilde auf. Manchmal aber (z. B. im Breisgau) beträgt ihre Mächtigkeit 100—200'. Sie setzt dann ein sehr fruchtbares Hügelland zusammen, dessen mergeliger Boden ganz besonders zum Acker- und Wiesen-Bau geeignet ist.

Verbreitung. — Der Bradford-Thon findet sich fast überall, wo überhaupt jurassische Ablagerungen entwickelt sind. So namentlich in Deutschland: im schwäbischen und Breisgauer-Jura, in Hannover und Braunschweig. Ferner kommt er in grosser Verbreitung vor im Jura der Schweiz, dann in den jurassischen Ablagerungen von Frankreich und England.

Ueber dem Bradford-Thon zeigen sich in England und an der gegenüber liegenden Westküste von Frankreich Ablagerungen von Kalksteinen, welche die englischen Geologen durch die Benennung Forest-Marble und Cornbrash unterschieden haben. — Sie wurden in andern Ländern nicht mit Zuverlässigkeit nachgewiesen und es muss dahin gestellt bleiben, ob sie nicht blosse Localgebilde sind.

Charakteristische Versteinerungen. — Terebratula varians, concinna, spinosa, senticosa, ornithocephala, biplicata, Ostrea costata, Modiola bipartita und pulchra, Gresslya truncata und lunulata, Pholadomya Murchisoni, Ammonites Parkinsoni, polygyratus, macrocephalus und Herveyi, beide letzteren noch selten, Belemnites canaliculatus, Serpula quadrilateralis und vertebralis.

Sechste Abtheilung. Eisenrogensteine mit Ammoniten aus der Familie der Macrocephali.

Oberer Rogenstein (Macrocephalen-Thon. Oberer brauner Jura ε, z. Thl. Kelloway-rock der Engländer).

Er wird gebildet von mergeligen Kalksteinen, die theils durch Eisenoxyd roth gefärbt, theils schmutzig gelb und grau und mehr oder weniger erfüllt sind von rothen Körnern von thonigem Rotheisenstein oder von braunen Körnern von thonigem oder mergeligem Brauneisenstein (Eisenrogenstein). — Dazwischen liegen kleine Lager erdiger Mergel.

Die Mächtigkeit der ganzen Ablagerung beträgt im Allgemeinen nicht mehr als 10 bis 15, bis höchstens 20 Fuss.

Dieses Zwischengebilde ist fast überall entwickelt, wo mittlerer Jura auftritt. So in Deutschland im ganzen schwäbischen, fränkischen und hannövrischen Jura. (Im Breisgau ist es bloss angedeutet durch Macrocephalen in den obern Mergel-Lagern des Bradford-Thons.) Ferner findet sich der obere Rogenstein im Schweizer-Jura, in einem grossen Theil des französischen und auch im englischen Jura, als sog. Kellowayfels.

In mehreren Gegenden werden oder wurden die Eisenrogensteine dieses Gebildes als Eisenerze abgebaut und verschmolzen. So bei Geisingen im badischen Seekreis, bei Thurnau in Franken, bei Egg und Wölfliswyl in der Schweiz.

Charakteristische Versteinerungen. — Terebratula Thurmanni, Ammonites macrocephalus, Herveyi, beide sehr häufig, polygyratus (A. triplicatus), Belemnites canaliculatus, hastatus, latesulcatus.

Siebente Abtheilung. Mergel mit Ammonites ornatus, Jason, hecticus und sublaevis, dann mit Terebratula impressa und Gryphaea dilatata.

Oxford-Thon (Ornaten-Thon. Oberer brauner Jura ζ).

Dieses Gebilde besteht aus grauen erdigen Mergeln, mit Zwischenlagern von Mergel-Schiefern und grauen mergeligen Kalksteinen. — In den untern Lagen sind diese Mergel dunkelfarbig, zum Theil schwarzgrau; nach oben werden sie hellgrau und halten grössere Zwischenlager von mergeligen lichtgrauen Kalksteinen. — Während die untern, dunkeln Mergel durch zahlreiche, kleine verkieste oder in mergeligen Brauneisenstein umgewandelte Ammoniten characterisirt sind, werden die obern Mergellager vorzüglich durch Terebratula impressa bezeichnet.

In Deutschland setzt diese Ablagerung nur ein Zwischen-Gebilde zusammen. In Frankreich und England aber erreicht der Oxfordthon eine viel grössere Mächtigkeit. Dort bildet er durch seine beträchtlichen Mergellager ein fruchtbares, mit Aeckern und Wiesen bedecktes Gelände.

Verbreitung. — Man findet dieses Jura-Gebilde in den meisten Gegenden, wo jurassische Ablagerungen auftreten; doch

fehlt es im Breisgauer- und im nördlichen Schweizer-Jura (in Solothurn, Aargau und Basel) und ist nur selten im hannövrischen Jura. — Sehr beträchtliche Verbreitung zeigt endlich noch der Oxfordthon in Russland, so dass er in diesem Lande den bei weitem grössten Theil der dortigen Jura-Gebilde zusammensetzt.

Charakteristische Petrefacten. — Terebratula impressa, ganz oben; Gryphaea dilatata, nur im westlichen Frankreich und in England; Trigonia clavellata, vorzüglich in Westfrankreich; Ammonites ornatus, Jason, hecticus, subradiatus, Lamberti, sublaevis, in Frankreich und England; Belemnites hastatus, latesulcatus.

Achte Abtheilung. Mergel mit Rhodocrinus echinatus, Terebratula Thurmanni und grossen Pholadomyen.

Pholadomyen-Mergel (Oberer Oxford-Thon. Unterer sandiger Coralrag. Terrain à chailles).

Petrographisch stimmt diese Ablagerung fast ganz mit der vorigen überein, von welcher sie aber durch ihre Versteinerungen genau unterschieden ist.

Die Pholadomyen-Mergel bestehen nämlich aus grauen erdigen Mergeln mit Zwischenlagern von grauen Mergelschiefern und von grauen, bisweilen von gelben, mergeligen, manchmal sandigen Kalksteinen. Statt zusammenhängender Kalklager findet man häufig in diesem Gebilde vereinzelte Knollen und grössere rundliche Knauer von mergeligen, oft sandigen Kalksteinen, dann Knollen, Nieren, von thonigem, oft eisenschüssigem Quarz. Französische Geologen haben dieser Ablagerung, wegen dem Auftreten solcher Quarzknauer, die Benennung Kieselnieren-Gebilde (Terrain à chailles) gegeben.

Die Pholadomyen-Mergel erreichen eine Mächtigkeit von hundert bis zu ein paar hundert Fuss und bilden ein fruchtbares Acker- und Wiesen-Gelände.

Verbreitung. — Diese Ablagerung ist nicht überall im Jura entwickelt. Sie findet sich in Deutschland im Breisgauer-, im hannövrischen und Braunschweiger-Jura; dagegen fehlt sie im schwäbischen und fränkischen. Sehr häufig und mächtig tritt diess Gebilde in einem Theil des Schweizer-Jura auf, besonders in Solothurn, Aargau und Basel. Ferner erscheint es häufig in Frank-

reich, vorzüglich im Doubs- und Haute-Saône-Departement. In England fehlt dasselbe entweder gänzlich oder kommt nur sehr selten vor.

Charakteristische Petrefakten. — Rhodocrinus echinatus, Terebratula Thurmanni, impressa, Gryphaea dilatata, gigantea. Grosse Pholadomyen mit abgestuzter hinterer Fläche, namentlich: Pholadomya exaltata, parcicosta, laeviuscula, ampla. Ammonites cordatus, Belemnites hastatus und latesulcatus.

Anhang zum mittlern Jura.

Bei Stonesfield in England findet sich ein Local-Gebilde, welches nach seinen Mollusken dem mittlern Jura angehört und das durch einige organische Reste allgemeines Interesse besitzt, daher auch hier eine kurze Erwähnung verdient. Diese Ablagerung führt den Namen Stonesfield-Schiefer.

Sie besteht aus gelblichen und graulichen, dünnschiefrigen Kalksteinen, die zwischen Coronaten-Kalk und Hauptrogenstein liegen, also schon nach diesen Lagerungs-Verhältnissen dem mittlern Jura angehören.

Unter den organischen Resten dieser Schiefer sind die folgenden von allgemeiner, wissenschaftlicher Wichtigkeit: Zahlreiche Farren- und Cycadeenreste, ferner fossile Insekten, mehrere Mollusken, deren Natur die in Rede stehende Ablagerung mit Sicherheit dem mittlern Jura zuweist, dann Fische und Reptilien. Unter den letztern ist Megalosaurus Bucklandi, ein krokodilartiges 60—70′ langes Thier von der Höhe eines Elephanten, besonders erwähnenswerth.

Endlich kommen in dieser Ablagerung die ersten mit Sicherheit erkannten Säugethiere vor, nämlich Phascolotherium Bucklandi (ein Unterkiefer) und Amphitherium Prevosti und Broderipii (Kinnlade); alle drei sind höchst wahrscheinlich Beutelthiere.

Eigenthümliche Entwicklung des mittlern Jura in der Normandie.

Bei Bayeux, St. Vigor und Moutiers (Calvados-Departement. Oolithe de Bayeux, Terrain bajocien) treten 3—4 Fuss mächtige Bänke, aus gelben mergeligen Kalksteinen, voll von braunen, eisen-

schüssigen Rogenkörnern und ganz erfüllt mit Petrefakten auf; letztere sind fast alle sehr wohl erhalten.

Hier liegt auf einem Raum von ein paar Fussen der ganze mittlere Jura beisammen und die Petrefakten der verschiedenen mittel-jurassischen Ablagerungen alle durcheinander. So kommen in derselben Schichte gemeinschaftlich miteinander vor: Ammonites Murchisonae und discus (aus Abtheilung 2); Ostrea Marshi, Lima proboscidea, Trigonia costata, Ammonites coronatus, Belemnites giganteus (aus Abtheilung 3); Ammonites Parkinsoni und Belemnites canaliculatus (aus 5); Ammonites macrocephalus, Herveyi, bullatus und triplicatus (aus 6); Ammonites hecticus (aus 7). Ausserdem finden sich da noch viele eigenthümliche Versteinerungen, namentlich schöne Pleurotomarien.

Sehr wahrscheinlich ist diess eine locale Hochsee-Bildung, in welcher Thiere während der ältern Zeit des mittlern Jura fortlebten, bis ans Ende des mittlern Jura und sich daher auch mit jüngern Thieren dieser Periode mengen konnten. — Manche mittel-jurassische Thiere dauerten bis zur Zeit des obern Jura aus und kommen daher auch an andern Orten in verschiedenen Abtheilungen des mittlern Jura vor. So namentlich: Ostrea Marshi, Lima proboscidea, Ostrea acuminata, Ammonites coronatus, Belemnites giganteus.

Flora des mittlern Jura.

Die Hinneigung zu den ältern Floren ist hier viel geringer, als es noch im Lias der Fall war, indem die Lepidodendra gänzlich verschwunden sind. Den Formenreichthum an Pecopterideen und Cycadeen theilt diese Flora mit der des Lias. Ausserdem ist sie reich an Algen. Es treten Liliaceen, Pandaneen, Taxineen auf. Die Fundorte für diese Flora sind hauptsächlich Stonesfield und einige Localitäten Frankreichs. Namentlich bezeichnend sind von *Algen*: Codites serpentinus, Encoelites Mertensi, Baliostichus ornatus. — *Farren*: Dictyophyllum rugosum, Acrostichites Williamsonis, Polystichites Murrayanus, Pachypteris ovata. — *Pandaneen*: Podocarya Bucklandi. — *Liliaceen*: Bucklandia squamosa. — *Cycadeen*: Pterophyllum Preslanum, Ctenis falcata, Mam-

millaria Desnoyersii. — *Coniferen*: Brachyphyllum mammillare, Pinites- und Peucearten.

Dritter Abschnitt.

Oberer Jura.

(Weisser Jura.)

Im Allgemeinen treffen wir hier mehr kalkige Ablagerungen, während der mittlere Jura mehr mergelig war. Die Kalksteine sind meist sehr hellfarbig (daher weisser Jura, v. Buch). In Süddeutschland scheidet sich der weisse Jura in drei Abtheilungen: 1. Schwäbischer Kalk, 2. Corallenkalk und 3. Solenhofer Schiefer. In andern Gegenden entsprechen etwa dieser Eintheilung: 1a. Corallenkalk, 2a. Kimmeridgethon, 3a. Portlandkalk.

Erste Abtheilung. Weissliche, regelmässig geschichtete Kalksteine mit Schwammkorallen, Terebratula lacunosa und Ammoniten aus der Familie der Planulati.

Schwäbischer Kalk.

(Name wegen der Hauptverbreitung im schwäbischen Jura. — Synonymien: Geschichteter Jurakalk. Oberer Oxfordthon. Unterer Corallenkalk. Unterer und mittlerer weisser Jura.)

Dieses neptunische Gebilde besteht weit vorherrschend aus hellfarbigen, gelblichweissen, bisweilen aus lichtgrauen, meist etwas mergeligen Kalksteinen, fast immer von dichter, ausnahmsweise von Rogensteinstruktur, sehr deutlich und regelmässig geschichtet.

Eine scharfe Abtheilung des schwäbischen Kalkes in gut gesonderte Gruppen lässt sich kaum durchführen. Quenstedt beobachtete indessen sowohl in Bezug auf die petrographischen Verhältnisse dieser Gesteine als auf ihre Petrefakten folgende Thatsachen:

In den untern Lagen besteht der schwäbische Kalk aus dünn geschichteten Gesteinen, welche regelmässig, wie aufgemauert, übereinander liegen. Diese untern schwäbischen Kalke sind arm an Versteinerungen und die wenigen, welche man hier findet, treten auch in den höhern Ablagerungen auf, sind also nicht bezeichnend für diese unteren Schichten. Ammoniten aus der Familie der Planulaten verdienen als die beachtenswerthesten Petrefakten genannt zu werden. Etwas höher oben liegen Kalksteine mit zahlreichen

Schwammcorallen (Spongitenkalk), mit Terebratula lacunosa und Planulaten. — In den obersten Schichten verschwinden die Schwammcorallen wieder, und unter den wenigen Petrefakten sind nur Planulaten und Belemnites hastatus herauszuheben.

Die Mächtigkeit dieser Ablagerung beträgt mehrere hundert Fuss. — Der schwäbische Kalk bildet daher nicht unbeträchtliche Berge, welche gewöhnlich steil ansteigen und langgezogene, dachförmige Gestalten mit flachen ebenen Rücken zeigen. — Die Kalksteine dieses Gebildes verwittern schwer und liefern daher einen unfruchtbaren Boden, meist ganz angefüllt mit kleinen, eckigen, weisslichen Kalksteingeschieben, die wie Scherben in Unzahl überall herumliegen. Wo es daher die örtlichen Verhältnisse nicht durchaus nöthig machen, wird das aus schwäbischem Kalk bestehende Gelände nicht zum Ackerbau, sondern zur Waldkultur verwendet.

Verbreitung. — Der schwäbische Kalk findet sich in beträchtlichen Bergen abgelagert in einem Theil des Aargauer, im Züricher und im Schaffhauser Jura; von da zieht er sich nach Baden und von dort durch den ganzen württembergischen Jura bis nach Franken. In dieser ganzen Erstreckung sind die langgezogenen, dachförmigen Berge mit ihren flachen Rücken und weissen Kalksteinen, welche häufig durch grosse Steinbrüche und durch Erdrutsche entblöst sind, schon von ferne sichtbar. — In andern Gegenden als den eben erwähnten wurde diese Abtheilung des obern Jura noch nicht nachgewiesen.

Organische Reste des schwäbischen Kalks*. — *Schwammkorallen*: Achilleum, Scyphia, Tragos, Sulcaria und Cnemidium.

Radiarien: Eugeniacrinus caryophyllatus.

Mollusken: Terebratula lacunosa, Ammonites polyplocus, polygyratus, biplex und bifurcatus, canaliculatus und complanatus, A. flexuosus, inflatus, Belemnites hastatus.

---

* Die Flora des obern Jura besteht, die vegetabilischen Einschlüsse des Wealden (siehe unten) abgerechnet, nur aus wenigen Cycadeen und wird daher nicht weiter berücksichtigt werden.

Zweite Abtheilung. Weissliche, sehr dick geschichtete oder ganz massige Kalksteine mit Sternkorallen und Terebratula insignis und inconstans.

Corallenkalk.

(Massiger oder ungeschichteter Jurakalk. Plumpe Felsenkalke. Coralrag.)

Der Corallenkalk besteht, wie der schwäbische Kalk, weit vorherrschend aus hellfarbigen, gelblichweissen, dichten Kalksteinen. Diese sind aber gewöhnlich nicht mergelig, sondern meist reiner kohlensaurer Kalk; dabei haben sie eine beträchtliche Härte, sie klingen beim Zerschlagen und geben scharfkantige Bruchstücke. Diese äussern Merkmale, obwohl sie besonders hervorgehoben zu werden verdienen, können den Corallenkalk noch nicht von dem schwäbischen Kalk bestimmt unterscheiden, da auch in dieser letztern Ablagerung manchmal reine, nicht mergelige und harte Kalksteine vorkommen. — Durch die Art seines Auftretens aber zeigt sich der Corallenkalk von dem schwäbischen Kalk ganz verschieden. Er ist nämlich nicht deutlich und meist dünn geschichtet wie dieser, sondern entweder ganz massig, ungeschichtet, oder in so dicke Bänke abgetheilt, dass eine Schichtung nur wahrgenommen werden kann, wenn grössere Felsen zu Tage stehen. Die Corallenkalkfelsen sind von Klüften nach allen Richtungen unregelmässig durchzogen. Durch das Verwittern erhalten sie ein eigenthümliches, graulich- und blaulich-weisses Aussehen, wodurch man sie schon in einiger Entfernung mit ziemlicher Sicherheit zu erkennen vermag.

Im Schweizer Jura, in Frankreich und in England zeigen sich bisweilen im Corallenkalk Zwischenlager von Rogenstein, manchmal sehr ähnlich dem Hauptrogenstein, öfters aber mit grössern, bis erbsengrossen Körnern, sog. Erbsensteine (Pisolithe). Durch die Lagerungsverhältnisse sind diese Rogensteine ganz leicht vom Hauptrogenstein zu unterscheiden.

Bisweilen trifft man ferner im Corallenkalk kleine Zwischenlager von weissen Quarzsandsteinen oder auch von weissem Quarzsand; so namentlich im Breisgauer Jura, in Frankreich und in England.

Der Corallenkalk enthält ziemlich häufig grosse Höhlen, die mit Tropfsteinen ausgekleidet sind; diess ist namentlich im schwäbischen und im fränkischen Jura der Fall. — Das Vorkommen dieser

Höhlen, und überhaupt die grosse Zerklüftung des Gesteins erklärt, ohne weitere Auseinandersetzung, die in diesem Gebilde manchmal vorkommende Erscheinung sehr genügend, dass plötzlich aus einer Oeffnung ein beträchtlicher Bach herausströmt, der schon einige Schritte von seinem Ursprung Wasserwerke zu treiben im Stande ist.

Der Corallenkalk erreicht häufig eine Mächtigkeit von 500 bis 1000′, und im Schweizer Jura bis 2000′, ja bis 3000′ und darüber. — Die Corallenkalk-Berge sind schroff, steil und felsig und besitzen im Uebrigen sehr häufig die dachförmigen langgezogenen Gestalten, wie jene des schwäbischen Kalks. Nicht selten bildet der Corallenkalk Thäler mit ausgezeichnet schönen malerischen Felspartien. So namentlich im Schweizer Jura und im Donauthal zwischen Tuttlingen und Sigmaringen. — Dadurch dass der Corallenkalk wegen seiner Härte schwer verwittert, liefert er ein nur wenig fruchtbares, und desshalb meist mit Wald angepflanztes Gelände.

Verbreitung. — Der Corallenkalk erscheint in grosser Ausdehnung und Mächtigkeit im ganzen Zug des Schweizer Jura. Von dort setzt er sich in Deutschland fort in den Breisgauer Jura, und dehnt sich dann ferner aus durch den ganzen schwäbischen und fränkischen Jura. Ebenso findet er sich sehr verbreitet in Norddeutschland und zwar in Hannover und Braunschweig. — In Frankreich und in England zeigt der Corallenkalk in den schon mehrfach erwähnten Gegenden, durch welche dort der Jura zieht, ebenfalls eine beträchtliche Verbreitung. — Endlich wird noch angegeben, dass der Corallenkalk auch in Polen, Spanien und Griechenland vorkomme.

Organische Reste des Corallenkalks. — *Sterncorallen*: Lithodendron trichotomum, Anthophyllum obconicum, Astrea mit sehr vielen Arten.

Radiarien: Cidaris coronata, Blumenbachii, glandifera, Apiocrinus mespiliformis.

Mollusken: Terebratula insignis, inconstans, trigonella (soll schon im Muschelkalk vorkommen?), Pecten aequicostatus, Pinna granulata (Mytilus amplus), Diceras arietina (Franken).

Localgebilde des Corallenkalks.

Corallen-Dolomit (Jura-Dolomit).

Dieses Gebilde wurde bis jetzt nur im fränkischen Jura angetroffen, zumal in der Gegend von Nürnberg, Bamberg und Baireuth;

dann an mehreren Punkten des schwäbischen Jura, vorzüglich im nordöstlichen Theil desselben; so bei Blaubeuren, im Eubachthal etc.

Der Corallen-Dolomit ist weisslichgrau und gelblichweiss, nicht geschichtet und zeigt im Uebrigen die allgemeinen Charaktere der Dolomite.

Er bildet keine eigenen Berge, sondern ist dem Corallenkalk aufgelagert. Im fränkischen Jura ragt er über denselben in thurm- und mauerförmigen, zackigen, zerrissenen, sehr malerischen Felsen hervor.

Versteinerungen sind in diesen Dolomiten sehr selten, und stimmen im Wesentlichen mit jenen des obern Corallenkalkes überein.

Dritte Abtheilung. Hellfarbige, meist schieferige Kalksteine mit Krebsen und Fischen.

Solenhofer Schiefer.

(Lithographische Steine. Krebsscheeren-Kalk.)

Dieses Gebilde besteht aus weisslichen und gelblichen, bisweilen aus hellgrauen Kalksteinen, theils schieferig, so dass sie sich in ganz dünne Plättchen trennen, theils ein paar Zoll dicke Schichten bildend.

Sie setzen keine eigenen Berge zusammen, sondern liegen blos auf Corallenkalk, welchem sie auch durch ihre bezeichnenden Mollusken nahe stehen.

Man trifft diese Ablagerung vorzugsweise in Baiern bei Solenhofen, Eichstädt, Monheim, Kellheim und Daiting. Dort liefert dieses Gebilde die vortrefflichen Steine, welche allgemein zur Lithographie gebraucht und weithin verführt werden. — Diese Ablagerung findet sich ferner an verschiedenen Punkten in Württemberg; dort sind aber die Gesteine so dünnschieferig, dass sie kein zum Steinbruch brauchbares Material geben (Krebsscheerenkalke).

Organische Reste der Solenhofer Schiefer. — In Baiern ist dieses Gebilde sehr reich an Versteinerungen und viele derselben sind von so grossem wissenschaftlichem Interesse, dass die Solenhofer Schiefer auch dadurch, wie durch ihre technische Benützung allgemeine Wichtigkeit erlangen. In Württemberg dagegen trifft man in diesen Schiefern nur äusserst wenige Versteinerungen.

Die Pflanzenreste der Solenhofer Schiefer sind unbedeutend und hier nicht erwähnenswerth; dagegen sind die thierischen Petrefakten um so interessanter.

Von *Radiarien* ist häufig: Comatula pinnata, zu den Haarsternen, Crinoidea, gehörig.

Mollusken. Bezeichnend und beweisend, dass die Schiefer zum Corallenkalk gehören, sind: Ammonites polygyratus und flexuosus, Belemnites hastatus. Dann interessant und häufig vorkommend: Aptychus latus und lamellosus. Es finden sich noch keine Mollusken des Portland, also sind die Solenhofer Gebilde jünger als dieser.

Von *Crustaceen* sind bemerkenswerth mehrere langschwänzige Krebse. Am häufigsten ist Eryon Cuvieri. Dann mehrere Arten der Gattungen Glyphaea, Pagurus, Astacus Aeger, Megachirus, Antrimpos etc.

Insekten. Von wissenschaftlichem Interesse ist das Vorkommen von Libellen (Wassernymphen). Sie sind nicht genau zu bestimmen, aber wahrscheinlich zu der Gattung Aeschna gehörig.

Fische sind ebenfalls nicht selten. Am häufigsten Leptolepis sprattiformis. Dann noch mehrere Arten der Gattungen Caturus, Thrissops und Microdon. Es kommen auch wurmartige Bildungen vor, die früher Lumbricaria genannt wurden und aber nach Agassiz Fischdärme (Cololithen) sein sollen.

Die *Reptilien* sind unstreitig die interessantesten Versteinerungen der Solenhofer Schiefer. — *Saurier*, a. mit Zehen: Geosaurus Soemmeringii, Homoeosaurus Maximiliani und Neptunius; Gnathosaurus, Rhacheosaurus, Pleurosaurus und Aelodon. b. mit Flughaut: höchst merkwürdig ist der hieher gehörige Pterodactylus Cuv. (Ornithocephalus Soem.), wohl das abentheuerlichste Thier der Urwelt, im Bau zwischen Fledermaus, Vogel und Eidechse stehend, ein fliegendes Reptil. Arten: Pterodactylus longirostris, brevirostris, crassirostris, grandis, medius und Münsteri. — Auch einige *Schildkröten* sind in den Solenhofer Schiefern entdeckt worden.

Höhere Thiere kommen in den Solenhofer-Schiefern nicht vor.

Im norddeutschen Jura, im westlichen Schweizer-Jura, in Frankreich und England fehlen der schwäbische Kalk und die Solenhofer Schiefer, dagegen treten zwei andere Ablagerungen auf, die in Süddeutschland und dem grössten Theil der Schweiz nicht vorkommen.

Es sind also an obigen Localitäten folgende Schichten zu unterscheiden:

1 a. Kalksteine mit Sternkorallen.

Korallen-Kalk (Coralrag).

Statt der hellfarbigen Kalksteine Süddeutschlands und der Schweiz treten in vielen der genannten Gegenden graue, zum Theil sehr dunkelgraue Kalksteine auf, während in andern Gegenden Frankreichs wiederum helle Kalksteine getroffen werden. Ihre Mächtigkeit ist gering. Diese Ablagerungen sind von Sternkorallen erfüllt.

2 a. Mergel mit Exogyra virgula und hellfarbige Kalksteine mit Ceromya excentrica, Pterocera Oceani und Nerinea suprajurensis.

Kimmeridge-Thon.

Er besteht aus grauen, bisweilen schmutzig-gelben Mergeln, mit Zwischenlagern von Mergelschiefern und mergeligen Kalksteinen. — Die bezeichnendste Versteinerung desselben ist Exogyra virgula.

Die Mächtigkeit der Ablagerung beträgt 50′, 100 bis 200′ und darüber.

Charakteristische Petrefakten. — Exogyra virgula, Ceromya excentrica (Isocardia excentrica), Pterocera Oceani, Nerinea suprajurensis.

3 a. Hellfarbige Kalksteine mit den Petrefakten des Kimmeridge-Thons, jedoch ohne Exogyra virgula, dann mit Diceras arietina und grossen Mengen von Nerinea suprajurensis.

Portland-Kalk.

Diese Ablagerung besteht aus hellfarbigen, gelblich-weissen, theils mergeligen, theils reinen Kalksteinen, petrographisch häufig dem Korallenkalk so ähnlich, dass sie kaum von diesem unterschieden werden können. — Sie sind immer deutlich geschichtet und dadurch von dem massigen Korallenkalk in ihrer Ablagerungsweise verschieden.

Bisweilen enthalten diese Kalksteine Einlagerungen von Rogensteinen, Portland-Rogenstein (Portland-Oolith), welche schon durch ihre Lagerungs-Verhältnisse von den ältern Rogensteinen zu unterscheiden sind.

Die Mächtigkeit der ganzen Ablagerung beträgt im Mittel ein paar hundert Fuss.

Bezüglich der Verbreitung sind ausser den im Allgemeinen schon erwähnten Orten nur noch besonders herauszuheben: Solothurn (wegen technischer Anwendung) und Pruntrutt (wegen Petrefakten-Reichthums).

Organische Reste des Portland-Kalks. — Diceras arietina, Nerinaea suprajurensis, Zähne von Picnodus und Sphaerodus, Schildkröten bei Solothurn.

Local-Gebilde des obern Jura.

a. Locale Süsswasser-Ablagerung im obern Jura. Wälder-Gebilde.

Diese Ablagerung verdient schon desshalb Aufmerksamkeit, weil sie eine der ältesten Süsswasser-Formationen bildet, entweder aus Landsee'n oder an der Mündung grosser Flüsse abgelagert. Sie liefert daher den Beweis, dass am Ende der Jura-Periode schon beträchtliche Inseln oder grössere Continente vorhanden waren.

Bis auf die neueste Zeit rechnete man diese Süsswasser-Ablagerung nicht zum Jura, sondern zur Kreide, so dass sie also nach dieser frühern Ansicht nicht dem vierten, sondern dem fünften geologischen Zeitraum angehören würde. Die Untersuchungen von Agassiz haben aber gezeigt, dass die Fische dieser Süsswasser-Gebilde durchaus keine Uebereinstimmung zeigen mit jenen des fünften Zeitraums, dagegen jenen des vierten sehr nahe stehen.

Weil diese Ablagerung in den Wäldern von Sussex besonders ausgezeichnet auftritt, ertheilten ihr die englischen Geologen, von welchen sie zuerst untersucht wurde, den nicht sehr glücklich gewählten Namen: Wälder-Gebilde (Wealden).

In England besteht diese Ablagerung aus drei Abtheilungen. Zu unterst liegen theils harte, theils weiche Kalksteine, der Purbek-Kalk. Darüber befindet sich ein Lager von eisenschüssigem Sand und von weichen zerreiblichen Sandsteinen, mit Zwischenlagern von Mergelschiefer, der Hastings-Sand. Zu oberst erscheint blauer, zäher, schiefriger Thon mit Zwischenlagen von harten Kalksteinen und einzelnen Knollen von thonigem Brauneisenstein, der Wälder-Thon. — Hier und da treten in diesen Ablagerungen kleine Steinkohlenflötze auf.

In Norddeutschland treten die Wälder-Gebilde mit andern mineralogischen Merkmalen auf als in England. Sie enthalten dort nur selten Kalksteine und bestehen vorzugsweise aus schwarzen Mergelschiefern, mit untergeordneten Lagern von hellfarbigen Sandsteinen und von Steinkohlen, bisweilen mit Nestern von Eisenerzen.

Die Mächtigkeit der Wälder-Gebilde beträgt einige hundert Fuss.

Verbreitung. — In England sind diese Süsswasser-Ablagerungen besonders in den Grafschaften Kent, Surry und Sussex entwickelt und in Norddeutschland finden sie sich vorzüglich in den Umgebungen von Osnabrück, Münster, Minden, Hannover, Braunschweig und Helmstädt. Ferner wurde sie in Niederösterreich, Schlesien und Mähren entdeckt. — Endlich kommt in den Alpen bei Entrevernes, unweit Annecy in Savoyen, eine Süsswasser-Ablagerung vor, welche von einigen Geologen zu den Wälder-Gebilden gestellt wird.

Organische Reste der Wälder-Gebilde.

FLORA.

Die Vegetation dieser oberjurassischen Localablagerungen lehnt sich zwar durch das Vorkommen von Neuropterideen und Sphenopterideen an die ältern Floren an; doch steht sie durch ihren Reichthum an Cycadeen im innigsten Zusammenhang mit der Juraflora und unterscheidet sich eben dadurch wieder von der Flora der nächsten Formation, in welcher die Cycadeen zurück- und die ersten Dicotyledonen auf die Schaubühne treten.

Die wichtigsten Pflanzen sind folgende: Equisetites Burcharti, Lyelli, Cyclopteris Mantelli, Sphenopteris Mantelli, Polypodites reticulatus (Lonchopteris Mantelli), Tempskya Schimperi (Strunk eines baumartigen Farrenkrautes), Cycadites Brongniarti, Clathraria Lyelli (Stamm eines Drachenbaumes oder einer Cycadee), Palaeobromelia Jugleri, Thujites Germari, Araucarites Dunkeri.

FAUNA.

Wie alle Süsswassergebilde ist auch diese Formation durch Süsswasser-*Mollusken* wie Unio, Cyclas, Paludina, charakterisirt. Ausserdem sind die *Ostracoden* durch die Gattung Cypris und die *Insekten* reichlich vertreten.

Die *Fische* sind identisch oder analog mit Jura-Fischen. Im Wealden findet sich kein einziger Kreidefisch.

Dagegen kommen eigenthümliche *Saurier* vor. Sie haben im Allgemeinen den Bau der Eidechsen und Krokodile, sind aber riesenmässig, 25—30 Fuss lang und darüber; sie besitzen dicke Klumpfüsse; hieher: Megalosaurus, Hylaeosaurus.

Die Vögel sind hier durch die ersten Spuren von Knochen, der Familie der Reiher angehörend, vertreten, während in frühern Ablagerungen nur Fussspuren (Ornichnithen) vorkamen.

b. Eisenerze.

Sie lagern gewöhnlich auf Corallenkalk, oder wo dieser fehlt auf Pholadomyen-Mergeln; ebenso erfüllen sie auch Höhlungen, Klüfte, oder muldenförmige Vertiefungen im Gestein.

Ihre geologische Stellung ist noch nicht aufgeklärt; wahrscheinlich aber sind sie eher der Tertiär-Formation als dem Jura zuzurechnen (siehe unten: Molasse).

Anhang. Der Jura im Hochgebirge.

a. Der Jura in den Alpen. — In der grossen Kette des Alpengebirges treten die jurassischen Ablagerungen nicht nur in der grössten bekannten Mächtigkeit auf, sondern meist auch mit ganz andern petrographischen Merkmalen, als gewöhnlich in den niedrigern Bergen, so zwar, dass man ihre Gegenwart nur an den eingeschlossenen organischen Resten zu erkennen vermag. Bis jetzt war es noch nicht möglich, die sämmtlichen einzelnen Abtheilungen des Jura auch in den Alpen nachzuweisen; allein es ist doch wenigstens gelungen, die drei grossen Hauptabtheilungen aufzufinden.

Unterer Jura. In den bayerischen und österreichischen Alpen besteht er aus rothen, grauen und weissen Kalksteinen, die oft körnig (Marmor) sind, mit Ammoniten aus der Familie der Arietes, Capricorni, Amalthei, Falciferi u. s. w.; dann mit Nautilus aratus und Belemniten (auch mit Orthoceratiten).

In den Schweizer-Alpen besteht der untere Jura aus schwarzen, thonigen Kalksteinen und schwarzen Schiefern, dann aus grünen, molasseähnlichen Sandsteinen, welche mit grauen Mergelschiefern wechsellagern. — Petrefakten dieser Gesteine: Posidonia Bronni; Ammoniten aus der Familie der Falciferi.

Der mittlere Jura der Alpen enthält sehr verschiedenartige Gesteine, welche bis jetzt, so wenig als ihre Petrefakten, noch nicht

gehörig gesichtet wurden. — Man findet im mittlern alpinischen Jura in den bayerischen Alpen meist rothe und graue Kalksteine, z. Thl. Marmor, mit Ammoniten aus den Familien der Heterophyllen, Coronaten und Planulaten, Belemnites hastatus etc. (ohne Orthoceratiten).

Ein Theil dieser Gesteine scheint übrigens schon zum obern Jura zu gehören.

In der Schweiz treten, im mittlern alpinischen Jura eisenschüssige Kalk- und Sandsteine auf, die also den Gesteinen des untern Eisenkalks und Sandsteins ähnlich sind; dann graue und schwarzgraue, dichte und oolithische Kalksteine, häufig auch Dolomite. — Die bisher in diesen Gebilden gefundenen Versteinerungen gehören unzweifelhaft dem mittlern Jura an.

Den obern Jura bilden in den Schweizer-Alpen vorzugsweise hellgraue, harte, dichte und körnige Kalksteine, theils mit Polypen und Strahlthieren des Korallenkalks, theils mit bezeichnenden Portland-Versteinerungen, namentlich Ceromya excentrica und Nerinea suprajurensis.

Die Juraformationen bilden in den Alpen einen grossen, aus mächtigen Gebirgen bestehenden Zug von den französischen Alpen bis in die Schweiz zum Genfersee, dann in die nördlichen Ketten von Wallis, in's Berner Oberland, nach Unterwalden, Uri, Glarus und bis Graubündten, von da durch die ganze Kette der deutschen Alpen.

b. Ein anderes merkwürdiges Vorkommen des Jura ist das, hoch oben im Himalaya-Gebirge, bei Bekhur am obern Sudledge, in einer Höhe von 14—17000′ über dem Meere, dann auf der Hochfläche von Thibet. — In dieser Gegend kommen Gesteine vor mit zahlreichen Versteinerungen, welche sowohl dem untern, als dem mittlern, als endlich dem obern Jura angehören. Man findet nämlich dort, soweit diese Petrefakten bekannt sind: Ammonites Davoei und fimbriatus, Belemnites aalensis und Ammonites Blagdeni, Belemnites hastatus und Ammonites macrocephalus, endlich Ammonites biplex und polygyratus.

Ueberblick des Zustandes der Erde im vierten Zeitraum.

Während dieser geologischen Periode war noch ein grosser Theil des mittlern Europa's von urweltlichen Meeren bedeckt: Deutschland, die Schweiz, Frankreich und England. Aus diesen Meeren lagerten sich die jurassischen Gesteine als ruhige Absätze ab. Diess geht daraus hervor, dass man in diesen Gesteinen kein Zeichen von heftigen Bewegungen der Gewässer durch Trümmerbildung, keine Conglomerate antrifft. — Die Jurameere setzten fast nur Kalksteine und diese in sehr mächtigen Lagern, dann zahlreiche Mergelmassen ab. Sandsteinbildungen fanden in diesen Meeren nur sehr sparsam statt.

In den jetzt gemässigten Gegenden des mittlern Europa herrschte während des vierten Zeitraums noch ein heisses Klima. Die Fauna dieses Zeitraums sowohl als die Flora beweisen diess auf das Bestimmteste. Die grossen Cephalopoden insbesondere, welche in den Juragebilden so zahlreich vorkommen, haben ihre analogen Formen nur in den Meeren der heutigen Tropenländer und die Cycadeen, die vorherrschenden Pflanzen der jurassischen Flora, können, wie wir heutzutage sehen, nur in heissen Klimaten gedeihen.

Die Jurameere waren ausserordentlich bevölkert, wie man aus dem grossen Reichthum von Versteinerungen in manchen Gebilden dieses Zeitraumes schliessen muss.

Die Fauna der Juraperiode ist vorzugsweise durch folgende Eigenthümlichkeiten bezeichnet:

Polypen, welche im dritten Zeitraum gänzlich fehlten, erscheinen nun wieder mehr oder weniger häufig und in sehr grosser Menge im obern Korallenkalk, wo sie ganze Korallenbänke zusammensetzen.

Unter den Strahlthieren treten ganz eigenthümliche Gattungen von gestielten Seesternen auf, namentlich die Pentacriniten, die Apiocriniten und Eugeniacriniten, und von Seeigeln erscheinen besonders häufig die Cidariten des obern Jura.

Aus der Klasse der Mollusken erscheint im vierten Zeitraum eine ausserordentlich grosse Zahl von Seegeschöpfen. Unter diesen verdient ganz besonders herausgehoben zu werden die grosse Häufigkeit der Terebrateln, der Austern und Gryphiten, der Trigonien und der Myaceen. Ganz besonders zeichnet sich ferner die Mol-

luskenfauna des Jura durch das plötzliche Auftreten zahlreicher ganz neuer Ammonitenfamilien aus, während im zweiten Zeitraum blos Goniatiten und im dritten nur Ceratiten vorhanden waren. Nicht minder bezeichnend ist das erste Auftreten der Belemniten, welche gleich in grosser Häufigkeit erscheinen.

Die Fische des vierten Zeitraums sind meist Ganoiden. Dadurch, dass ihre Rückensäule sich nicht mehr in die Schwanzflosse fortsetzt, unterscheiden sie sich schon ganz im Allgemeinen von den Ganoiden der frühern Zeiträume. Das nicht seltene Vorkommen der Mahlzähne von Knorpelfischen im obern Jura verdient ebenfalls in Bezug auf die allgemeine Beschaffenheit der Jurafische nicht übergangen zu werden.

Aus der Klasse der Reptilien lebten während der Juraperiode sehr viele Thiere und darunter mehrere, welche durch ihren eigenthümlichen Bau ganz besonders merkwürdig sind: die Ichthyosauren, Plesiosauren und Pterodactylen. — Dann der riesenmässige Saurier: Megalosaurus und das noch grössere grasfressende Iguanodon.

Von Vögeln hat man bis jetzt in den Gesteinen des vierten Zeitraums noch keine Reste gefunden.

Ganz besonders bemerkenswerth ist in der Fauna dieser Periode das erste Vorkommen von Säugethieren und zwar aus der Familie der Beutelthiere (Phascolotherium Bucklandi und zwei Amphitherien). Diese Thiere erscheinen ganz vereinzelt und um so mehr, als sie nicht nur blos in einer Gegend, in England, gefunden wurden, sondern auch in so fern man in dem ganzen folgenden fünften Zeitraum keine weitere Spur anderer Säugethiere angetroffen hat.

Die geologischen Ereignisse während der Juraperiode beschränken sich fast ganz auf die Bildung neptunischer Ablagerungen. Von grössern Durchbrüchen plutonischer Massen während dieses Zeitraumes ist bis jetzt nichts mit Sicherheit bekannt. — Früher wurde angenommen, dass ein Granitdurchbruch nach Ablagerung des mittlern Jura, in Sachsen bei Weinböhla unweit Dresden, stattgefunden hat. Genauere in der neuesten Zeit vorgenommene Untersuchungen haben aber bewiesen, dass die Erscheinungen, welche der Granit dort zeigt, irrig gedeutet worden waren und dass in der erwähnten Gegend kein Durchbruch des Granites durch den Jura stattfindet. — In den Alpen ferner soll unweit Grenoble eine Granitmasse jurassische Gesteine plutonisch umgewandelt haben, woraus hervorginge, dass dieser Granit jünger wäre als der Jura;

dann sollen am Gstellihorn im Berner-Oberland Keile von Granitgneiss (einem Mittelgestein zwischen Granit und Gneiss) in jurassische Kalksteine eindringen. Wenn man weiss, wie schwierig ganz zuverlässige Beobachtungen über viele geologische Phänomene in den Alpen sind und wenn man in den niedrigern Gebirgen, wo die geologischen Verhältnisse häufig ganz klar zu Tage liegen, noch nirgends mit Sicherheit jüngere Granite wahrgenommen hat, als jene des zweiten Zeitraums, so müssen die erwähnten Phänomene in den Alpen gerechten Zweifel erregen. Jedenfalls dürfen sie vorläufig noch nicht als unbestrittene Thatsachen angenommen werden.

Die Bildung von Erzgängen, die, wie spätere Erörterungen noch darlegen werden, von den ältesten geologischen Perioden an fortdauerte bis zu den jüngern, bis in den sechsten Zeitraum, hatte auch ohne Zweifel während der Juraperiode statt. Man kennt jedenfalls Beispiele, dass Gänge metallischer Mineralien in Juragesteine eindringen. So durchsetzt nach Bonnard im Nièvre-Departement ein Bleiglanzgang den Lias. — Jedenfalls sind diese Gänge jünger als der Jura; ob sie aber während des vierten Zeitraumes, oder erst nach demselben gebildet wurden, geht aus den bisherigen Beobachtungen nicht mit Sicherheit hervor.

Während der vierten geologischen Periode scheinen in einigen Gegenden heftige Bewegungen im Innern der Erde stattgefunden zu haben, durch welche Hebungen und Erschütterungen von jurassischen Ablagerungen bewirkt wurden. Diese Naturereignisse werden dadurch erkannt, dass die Schichten der Juragesteine aufgerichtet sind, während man die jüngern Ablagerungen über denselben und in der Nähe nicht gehoben findet. Diese Erscheinung soll im Côte-d'or-Departement und in den Sevennen vorkommen. Ob auch am Fusse des Erzgebirges, wie diess früher behauptet wurde, grössere Hebungen während der Juraperiode eintraten, ist in neuerer Zeit wieder bezweifelt worden.

Fünfter Zeitraum.

Während dieser geologischen Periode erzeugten sich mächtige neptunische Ablagerungen und es brachen auch wieder kurz nach diesem Zeitraum grössere plutonische Massen aus dem Innern der Erde hervor.

I. Neptunische Abagerungen des fünften Zeitraumes.

Kreide-Formation.

Unter diesen Gebilden findet sich als eines der wichtigsten die weisse, schreibende Kreide. Von dem Vorkommen derselben gab man den sämmtlichen neptunischen Ablagerungen dieser Periode die Benennung: Kreidegebilde, Kreideformation. Sie lassen sich naturgemäss in drei Abschnitte trennen, welche durch verschiedene Petrefakten bezeichnet sind: 1. Untere Kreide, 2. Mittlere Kreide, 3. Obere Kreide.

Erster Abschnitt.

Untere Kreide.

Neocom-Gebilde.

(Terrain neocomien.)

Diese unterste Abtheilung der Kreide zeigt sich besonders in den Umgebungen des Neuenburger- (Neuchateler-) Sees, woher sie ihren Namen erhielt. Man kann sie in zwei Gruppen trennen.

a. Die untere Gruppe besteht aus dunkel blaulichgrauen Mergeln, reich an Versteinerungen und aus darüber liegenden, schmutziggelben, rauhen Kalksteinen. — Man findet diese Gruppe vorzüglich in der Schweiz am Bieler- und Neuchateler-See, in einigen Jura-Thälern und im südlichen Frankreich.

b. Die obere Gruppe der Neuenburger-Gebilde, welche vorzüglich im nördlichen und östlichen Frankreich auftritt, besteht dort vorzugsweise aus eisenschüssigem, thonigem Sand, gelblichen, mergeligen Kalksteinen oder grauem Lehm, dann zu oberst aus buntfarbigem Mergel. — In Hannover und Braunschweig finden sich, in der Hilsmulde, Lager von graublauen Thonen, der Hilsthon, welche dieser obern Gruppe der Neuenburger-Gebilde zu entsprechen scheinen.

Charakteristische Versteinerungen der untern Kreide *.

Pentacrinus Neocomiensis, Toxaster complanatus, Pyrina pygaea, Terebratula depressa, Tamarindus, sella, Exogyra Couloni, Perna Mulleti, Lyri-

* Von der Kreide an gehen viele Petrefakten-Arten durch alle Abtheilungen eines Zeitraumes, welche Erscheinung im Jura nur selten auftritt, in der folgender Periode aber noch häufiger wird.

odon carinatus, Pteroceras Pelagi, Ammonites radiatus, Asterianus, Crioceras Duvali, Belemnites pistilliformis, subquadratus.

Zweiter Abschnitt.

Mittlere Kreide.

Die hieher gehörigen Ablagerungen bringt man naturgemäss in drei Abtheilungen.

Erste Abtheilung. Untere Kreide-Sandsteine.

(Unterer Grünsand.)

Die untern Kreide-Sandsteine bestehen bald aus Lagern von losem, vorherrschend schmutzig grünlichem Quarzsand, der mit sehr zahlreichen grünen, chloritischen Körnern gemengt ist, theils aus festen Quarz-Sandsteinen. Diese untern Kreide-Sandsteine sind gewöhnlich von schmutzig hellgrüner, graulicher, gelber, gelblich-weisser oder auch fast rein weisser Farbe. Der eigentliche Grünsand ist vorzüglich in England und im nördlichen und östlichen Frankreich verbreitet. In Deutschland bilden die Kreide-Sandsteine selbstständige Berge, vorzugsweise in Sachsen, namentlich in der sog. sächsischen Schweiz, wo sie die schroffen zerrissenen Felsen zusammen setzen, welche dieser Gegend einen so malerischen Anblick verleihen. Ferner treten diese Sandsteine auf: In der Provinz Westphalen, in Preussen, in Hannover, in Braunschweig, in Böhmen, Schlesien, Mähren; dann in Polen und Ungarn, wo sie einen beträchtlichen Theil der Karpathen bilden (sog. Karpathen-Sandstein); ferner in Dänemark, Russland, Schweden u. s. w.

Zweite Abtheilung. Gault und Pläner.

a. Gault. — Mit diesem englischen Namen bezeichnet man ein bis 150′ mächtiges Lager von meist grauem mergeligem Thon, welcher in England und im nördlichen Frankreich über dem untern Grünsand abgelagert ist.

b. Der Pläner ist ein vorherrschend grauer, mergeliger Kalkstein, welcher in Sachsen zwischen den Kreide-Sandsteinen liegt.

Dritte Abtheilung. Obere Kreide-Sandsteine.

(Oberer Grünsand.)

Der obere Grünsand bedeckt in England und in Nord-Frankreich den Gault, in Westphalen die Kreide-Sandsteine. Seine mineralogischen Merkmale sind theils jene des untern Grünsandes, theils enthält er Lager von Thon und Mergel. Die Sandsteine, welche in Sachsen dem Plänerkalk aufgelagert sind, entsprechen durch diese Lagerungs-Verhältnisse dem obern Grünsand.

Charakteristische Versteinerungen der mittleren Kreide.

Micraster cor anguineum, Catopygus carinatus, Terebratula latissima, alata, Ostrea carinata, Exogyra columba, aquila, Spondylus spinosus, Inoceramus sulcatus, concentricus, Ammonites splendens, mammillatus, Belemnites minimus.

Dritter Abschnitt.

Obere Kreide.

Sie zerfällt ebenfalls wieder in drei Abtheilungen, nämlich: in die Kreide-Mergel, den Hippuriten-Kalk und die weisse Kreide.

Erste Abtheilung. Kreide-Mergel.

(Chloritische Kreide. Kreide-Tuff.)

Diese Abtheilung der Kreide-Formation besteht in England, Nord-Frankreich und Nord-Deutschland vorzugsweise aus grauen, seltener gelblichen mergeligen Kalksteinen oder erdigen und schieferigen Mergeln, denen öfters grüne, chloritische Körner beigemengt sind und welche den obern Grünsand bedecken.

Zweite Abtheilung. Hippuriten-Kalk.

Im südlichen Europa treten statt der mergeligen Kreide hellfarbige, öfters dem Korallenkalk sehr ähnliche Kalksteine auf, welche durch eine Menge von Hippuriten bezeichnet sind und daher die Benennung Hippuriten-Kalk erhielten. Diese Kalksteine bilden zum Theil beträchtliche Berge in sehr grosser Ausdehnung, so zwar, dass sie sich aus der Gegend von Lissabon durch Portugal nach Spanien ziehen, von da durch das ganze südliche Frankreich

nach Italien, nach Griechenland und bis nach Kleinasien und Nordafrika.

Dritte Abtheilung. Obere weisse Kreide.

Die mineralogischen Merkmale der weissen schreibenden Kreide sind so allgemein bekannt, dass sie keiner nähern Auseinandersetzung bedürfen. Die weisse Kreide ist kohlensaurer Kalk, mehr oder weniger mit Kieselerde gemengt, welche meist in der ganzen Masse des Gesteins fein zertheilt ist. Je weniger die Kreide von dieser Beimischung enthält, desto weicher ist sie und desto tauglicher zum Schreiben. Unter dem Mikroskop betrachtet zeigt sie sich vorherrschend aus Schalen von Diatomeen und Foraminiferen zusammengesetzt. — Häufig findet man in der weissen Kreide grössere Aussonderungen von Kieselerde, in Form von Feuersteinen, welche in meist rundlichen Knollen, theils vereinzelt in dem Gestein liegen, theils dasselbe streifenweise durchziehen.

Die obere Kreide zeigt selten deutliche Schichtung; sie ist gewöhnlich in sehr mächtige Bänke abgetheilt und dabei stark zerklüftet.

Die weisse Kreide bildet eigene Berge, welche eine Mächtigkeit von 600—1000′ erreichen. Diese Berge sind häufig schroff mit steilen, malerischen Felsen und ihre Thäler eng, tief eingeschnitten.

In besonders grosser Verbreitung tritt die weise Kreide in England, in Nord-Frankreich und in Belgien auf; dann erscheint sie auch im nördlichen Deutschland, besonders auf der Insel Rügen und ferner in Dänemark.

Ueber der weissen Kreide findet sich in den Niederlanden, besonders in den Umgebungen von Mästricht, namentlich am Petersberg, dann im benachbarten nördlichen Frankreich als Local-Gebilde noch eine weitere Ablagerung, welche nach ihren Versteinerungen entschieden der Kreide angehört. Diese oberste, sog. Mästrichter-Kreide, besteht aus festen, gelblichen, etwas mergeligen Kalksteinen, welche besonders in ihren untern Schichten Kiesel-Einlagerungen enthalten. Diese Gesteine sind am Petersberg bei Mästricht durch äusserst grossartige Steinbrüche aufgeschlossen und sie werden von dort weithin als Baumaterial verführt.

Charakteristische Versteinerungen der obern Kreide.

Hippurites, Spatangus-, Ananchites- und Galerites-Arten, Terebratula plicatilis, Gryphaea vesicularis,

Exogyra columba, Spondylus truncatus, spinosus, Inoceramus Lamarcki, mytiloides, Ammonites Rhotomagensis, monile, varians, Belemnites mucronatus, dilatatus, Scaphites, Hamites, Baculites und **Turrilites, Ptychoduszähne.**

Kreide in den Alpen.

Durch die ganze Alpenkette hin, vom mittelländischen Meer bis gegen Ungarn bildet die Kreide grosse Gebirgszüge, zum Theil mit ungeheuern Bergen. Die Gesteine dieser alpinischen Kreide-Gebirge haben eine ganz andere mineralogische Beschaffenheit als die übrigen Kreide-Ablagerungen, mit welchen sie aber durch ihre Versteinerungen geologisch vollkommen übereinstimmen. — Eine Parallelisirung der Alpen-Kreide mit allen Gruppen der Kreide-Formation ist bis jetzt noch nicht gelungen, vielleicht auch nicht naturgemäss. Man kann aber doch mit Sicherheit wenigstens die drei Haupt-Abtheilungen der Kreide in diesen alpinischen Gebilden unterscheiden.

1. Untere Kreide. — Zu unterst liegen in der Alpen-Kreide dunkelgraue, sandige und thonige Kalksteine mit Zwischenlagern von schwarzgrauen, zum Theil sandigen Mergelschiefern und Thonschiefern. Diese Ablagerungen schliessen sich durch ihre Versteinerungen den Neuenburger-Gebilden an.

2. Mittlere Kreide. — Ueber diesen Kalksteinen und Schiefern treten schwärzliche, kieselige Kalksteine auf, welche oft durch Oxydation ihres Eisenoxyduls an der Luft sich braunroth färben und denen häufig grüne, chloritische Flecken und Körner eingemengt sind. Nach ihren organischen Resten entspricht diese Ablagerung dem Grünsand.

3. Obere Kreide. — Diese Gesteine sind in mehreren Gegenden der Alpen von theils grauen, theils gelblichweissen Kalksteinen bedeckt, welche Diceras-Arten, dann zahlreiche grosse Gasteropoden, endlich Hippuriten enthalten und daher dem Hippuriten-Kalk angehören. Man hat diese Ablagerung mit der Benennung Seewer-Kalk belegt.

Auf dieser Schichtenreihe liegt eine weitere mächtige Ablagerung von noch zweifelhafter Stellung, bestehend aus grauen und schwärzlichen, öfters thonigen oder sandigen Kalksteinen, wechselnd mit Mergelschiefern und wirklichen Sandsteinen, welche

sich durch Reichthum an Nummuliten auszeichnen und daher Nummuliten-Kalk genannt wurden. — Nach ihren Versteinerungen nähern sich diese Gesteine den Tertiär-Gebilden, während die Stellung ihrer Schichten ganz mit jener der Kreide übereinstimmt und von jener des Tertiär-Gebirges abweicht.

Die ganze Ablagerung der Alpen-Kreide wird endlich bedeckt von grauen, bisweilen schmutziggrünen, mergeligen Sandsteinen, welche mit grauen Mergelschiefern und grauen, harten Kalksteinen wechsellagern. Diese Gesteine enthalten fast keine organischen Reste, als Stengel von Fucoiden. Man bezeichnet diese oberste alpinische Kreide, welche öfters für sich allein grosse Berge bildet, durch die Benennung Fucoiden-Sandstein oder Flysch. Auch dieses Gestein ist wahrscheinlich schon tertiär.

Da die Kreide im ganzen ausgedehnten Zug der Alpenkette in mächtigen Gebirgen auftritt, so würde es zu weit führen ihr dortiges Vorkommen genauer anzugeben. Es möge daher hier nur kurz bemerkt werden, dass die erwähnten Abtheilungen der alpinischen Kreide auftreten: In Deutschland in den baierischen und östreichischen Alpen; in den Schweizer-Alpen, besonders in der Sentiskette, in den Kantonen Appenzell und St. Gallen; dann im Kanton Schwyz; am Pilatus bei Luzern; im Kanton Bern, in den Gebirgen am Thuner See; endlich in den Genfer und Savoyer Alpen, namentlich in den Umgebungen von Chamouny.

Organische Reste der Kreide.

FLORA.

Während in der dritten und vierten Periode die Cycadeen und Coniferen einen Haupttheil der Flora und insbesondere die wichtigsten Pflanzen bildeten, treten diese gymnospermen Phanerogamen im fünften Zeitraum mehr in den Hintergrund. Die Urformen der Vegetation verschwinden gänzlich und von nun an lehnt sich der Charakter der Flora mehr an den der heutigen Periode an. Besonders auffallend ist für die Flora dieser Periode das erste und häufigere Auftreten von Laubhölzern, also von Bäumen, welche zu den angiospermen Phanerogamen gehören.

Ferner ist für die Kreide-Flora beachtenswerth das erste sichere Auftreten von Palmen.

Mit diesen Laubhölzern und Palmen erscheinen aber gleich-

zeitig (wie heutzutage) immer noch cryptogamische Gewächse, dann Cycadeen und Coniferen.

Unter den einzelnen Pflanzen des fünften Zeitraums verdienen vorzüglich die folgenden genannt zu werden:

Zell-Cryptogamen. Algen. Diatomeen, Chondrites intricatus, Targioni (beide wahrscheinlich tertiär), Halyserites, Cossarites.

Gefäss-Cryptogamen. Einige *Farren* und *Lycopodiaceen*, aber nicht von allgemeiner Wichtigkeit. Protopteris Singeri war ein baumartiger Farren.

Gymnosperme Phanerogamen. Von *Cycadeen* ist keine einzelne wichtig. — *Palmen.* Flabellaria chamaeropifolia. — *Coniferen.* Keine einzelne wichtig; allenfalls herauszuheben die Gattung Cunninghamia (Cunninghamites).

Angiosperme Phanerogamen. Hieher sind folgende Laubhölzer zu rechnen: Credneria subtriloba (Salicineae), Salicites Petzeldianus, Acerites cretaceus, repandus und styracifolius, Alnites Friesi und Juglandites elegans.

Das Vorkommen von baumartigen Farren, Cycadeen und Palmen lässt auf ein noch heisses Klima während der Kreide-Periode schliessen.

FAUNA.

Sie umfasst ganz andere Thiere als die früheren (Jura) und späteren Ablagerungen (Tertiärformation), hat also einen ganz eigenthümlichen Charakter; dieser ist ausgezeichnet durch einen grossen Reichthum an Seeigeln, das Auftreten der Rudisten (Hippuriten), durch die eigenthümliche Entfaltung und den Formen-Reichthum der Ammoneen-Familie, die hier in den sonderbarsten Gestaltungen auftritt, um dann für immer aus dem Formenkreise der Thierschöpfung zu verschwinden. Unter den Fischen der Kreide vermissen wir die früher so reich vertretenen Hybodonten und Cestracionten und auch die kolossalen Reptilbildungen des Jura wiederholen sich weder in der Kreide noch in spätern Formationen.

Foraminiferen sind sehr häufig, besonders in der weissen Kreide. Die allerhäufigsten und verbreitetsten sind Textularia globulosa und aciculata und Rotalia globulosa.

Polypen. Die *Schwammkorallen* der obern Kreide sind äusserst mannigfaltig und häufig. Namentlich sind die Sippen Scy-

phia, Siphonia, Manon, Coscinopora, Ventriculites u. s. w. ungemein reich vertreten. — Ebenso sind die *Blumenkorallen* in den untersten und obersten Abtheilungen der Kreide häufig. Hierher Astraea Leunisii, agaricina, Anthophyllum explanatum, Fungia coronula, polymorpha, undulata, Turbinolia centralis, conulus u. s. w. — Auch die *Bryozoen* gehören vorzugsweise der dritten Abtheilung der Kreidegebilde an und es kommen da zahlreiche Arten der Geschlechter Cellaria, Eschara, Cellepora, Tubulipora, Cricopora, Retepora, Ceriopora u. s. w. vor. — Hieher stellen wir auch die Hippuriten (Rudisten), deren zoologische Bedeutung noch nicht recht erkannt ist. Sie kommen nur in der Kreideperiode vor. Die bedeutendsten Geschlechter sind Hippurites und Radiolites, die hier ganze Gesteinsschichten zusammensetzen.

Strahlthiere. Während die *Seeigel* ungemein reich vertreten sind, gehören Thiere aus den übrigen Ordnungen zu den Seltenheiten. Von Wichtigkeit sind namentlich folgende: Cidaris clunifera, vesiculosa, Discoidea macropyga, rotula, Galerites castanea, vulgaris, Catopygus carinatus, Micraster oblongus, cor anguineum, Toxaster complanatus, Holaster laevis, Ananchites ovatus.

Mollusken. Muscheln sind in den Kreidebildungen sehr häufig. Von Wichtigkeit sind etwa die folgenden Sippen: Terebratula (mit meist glatten Arten), Gryphaea, Exogyra, Spondylus, Inoceramus, Pecten, Lima, Lyriodon, Perna, Plicatula, alle mit einer grossen Anzahl bezeichnender Arten. — *Schnecken.* Sie sind nicht besonders chararakteristisch, obwohl auch sie reich vertreten sind. Häufig trifft man sehr grosse Gasteropoden, theils in der gewöhnlichen, theils in der Alpen-Kreide. Folgende artenreiche Sippen mögen hier genannt werden: Dentalium, Natica, Solarium, Pleurotomaria, Nerinea, Turritella. — *Cephalopoden* bilden einen sehr bezeichnenden Theil der Kreide-Fauna. Die Gattung Ammonites tritt in ungemein zahlreichen Arten mit dicken, wulstigen Rippen, namentlich aus der Familie der Armati, auf: Am. rhotomagensis, monile, — Am. varians (Dentati). Ausserdem aber kommen ganz eigenthümliche Cephalopoden-Gattungen aus der Verwandtschaft der vorigen vor, wie Crioceras, Ancyloceras,

Toxoceras, Scaphites, Hamites, Baculites, Turrilites; sie alle sind für die Kreide höchst bezeichnend, da sie nur ausnahmsweise in andern Formationen getroffen werden. Belemnites ist in der Kreide ebenfalls häufig und findet sich in keiner spätern Formation mehr. Die meisten Kreidearten dieser Gattung sind von eigenthümlichem Bau.

Crustaceen kommen besonders in der Mästrichter-Kreide vor; sie sind jedoch nicht von allgemeinem Interesse.

Arachniden und *Insekten* aus der Kreide sind nicht bekannt.

Fische. Während *Eckschupper* (Ganoides) in dieser Periode sehr selten geworden, gewinnen die *Rundschupper* (Cycloides) an Bedeutung. Ausserdem kommen einige *Kammschupper* (Ctenoides) vor; ferner *Knorpelfische* (Placoides) mit Mahlzähnen, wie Ptychodus (πτυχη, Falte). Von eigentlichen Haien: Zähne von Lamna, Otodus, Corax. — Am häufigsten sind Fische in den Schiefern am Plattenberg im Sernftthal von Glarus, welche indess eher dem Tertiärgebirge anzugehören scheinen.

Amphibien treten nicht mehr so reichhaltig auf wie im Jura. Die colossalen Formen von Sauriern weichen den der heutigen Thierschöpfung näher stehenden Crocodil- und Eidechsenformen; zu diesen ist Polyptychodon, Rhaphiosaurus, Dolichosaurus und der merkwürdige Mosasaurus zu stellen. Der letztere wurde in 6—7 Arten gefunden und bildet eine Mittelform zwischen Crocodil und Eidechse, von der Grösse des erstern. Bei Mästricht wurde ein ganzer Schädel des M. Hofmanni nebst Wirbeln gefunden, aus welchen sich die Länge des Thiers nach Cuvier auf 26′ berechnet.

Die geflügelten Saurier endlich treten in der Kreide noch entwickelter als im Jura auf. Hieher Pterodactylus Cuvieri, giganteus und compressirostris. — Die vierte Ordnung der Reptilien, die *Chelonier* sind endlich in der Kreide ebenfalls durch 3—4 Schildkröten vertreten.

Vögel. In den Kreideschiefern vom Plattenberg wurden einige Knochen, unzweifelhaft von Vögeln stammend, gefunden. Sie sind wegen mangelhafter Erhaltung sehr schwer zu bestimmen. — Einige Knochen, in Grösse und Gestalt am ähnlichsten einer Lerche, wurden vorläufig als Protornis glarisiensis bestimmt;

ferner Reste eines grössern Vogels, den Diomedeen (Sturmvögeln, Möven) ähnlich, als Cimoliornis.

Säugethiere kommen in der Kreide nicht vor.

II. Plutonische Gebilde des fünften Zeitraumes.

Während in der Trias- und Juraperiode keine oder nur wenige plutonische Gebilde die Erdrinde durchbrachen, erfolgten bald nach Ablagerung der Kreide wieder grosse plutonische Bewegungen im Innern der Erde und in Folge derselben drangen abermals, wie schon in frühern geologischen Zeiträumen plutonische Gesteine auf die Erdoberfläche hervor. Als solche neue plutonische Gebilde wurden bisher auch die Serpentine angesehen.

Nach mehreren Beobachtungen sollen schon während der zweiten geologischen Periode Serpentinausbrüche stattgefunden haben. Die häufigsten und grossartigsten aber sollten im fünften Zeitraume oder kurz nachher erfolgt sein. Den Beleg dafür glaubte man in folgenden Thatsachen zu finden.

In den Pyrenäen dringen Gänge von Serpentin in Kreide ein, und in der Nähe dieser Gänge soll die Kreide plutonische Umwandlungen zeigen. Ebenso beobachtet man Serpentingänge im Canton Graubündten in der Alpenkreide, welche in der Nähe des Serpentins in Marmor umgewandelt ist. Auch in Griechenland treten solche Gänge von Serpentin in der Kreide auf. Nach diesen Beobachtungen müsste der Serpentin als das jüngste plutonische Erzeugniss gelten.

Diese Serpentine dürfen aber nach der heutigen Anschauung nicht mehr als ursprüngliches Gestein betrachtet werden; ihr bedeutender Wassergehalt, ihre fast gänzliche Unschmelzbarkeit, ihr Auftreten als Pseudomorphosen in erborgten Krystallformen, all diess nöthigt uns, sie den metamorphischen Gesteinen beizuzählen und im Anhange neben andern Umwandlungsprodukten näher zu beschreiben.

Zustand der Erde und geologische Ereignisse während des fünften Zeitraumes.

Der grösste Theil von Europa war während dieser Periode noch mit grossen Meeren bedeckt, so namentlich Deutschland, die Schweiz, Frankreich, England und Italien, Spanien und Portugal.

Aus diesen Meeren erzeugten sich in den meisten Gegenden nur ruhige Absätze. Diess geht daraus hervor, dass man fast überall in der Kreide keine Trümmergebilde, keine Conglomerate antrifft, welche heftige stürmische Bewegungen der Meere voraussetzen. Die grossen Hebungen und Erschütterungen, welche solche Bewegungen zur Folge hatten, ereigneten sich fast überall erst, nachdem die Kreidegesteine schon abgelagert waren. Eine Ausnahme zeigt sich jedoch in den jetzigen Alpen, wo sehr grossartige Trümmerbildungen, welche äusserst heftige Meeresströmungen voraussetzen, an verschiedenen Stellen mitten in der Kreide liegen.

Während der Kreideperiode war noch ein heisses Klima gleichmässig über die ganze Erde verbreitet. Diess geht unzweifelhaft sowohl aus der Flora als aus der Fauna des fünften Zeitraums hervor, insbesondere aus dem Vorkommen von baumartigen Farren, Cycadeen und Palmen, dann von Cephalopoden in den Kreidegesteinen der jetzt gemässigten Zonen.

Hebungen am Ende des fünften Zeitraumes.

Während in dem dritten und vierten Zeitraum der Bildungsgeschichte unsers Erdkörpers in so fern fast vollkommene Ruhe auf demselben herrschte, dass keine grossen Hebungen und Erschütterungen auf derselben sich ereigneten, und nur unbedeutende Durchbrüche plutonischer Massen vorkamen, fanden wieder grosse plutonische Bewegungen am Ende der fünften Periode statt. — Sehr grossartige Hebungen der Kreidegebirge, von welchen die noch jüngern Gesteine des sechsten Zeitraums nicht mitergriffen wurden, liefern augenscheinliche Beweise, dass grosse Revolutionen im Innern der Erde bald nach Ablagerung der Kreide und vor der Tertiärzeit eintraten. Die Grossartigkeit und Heftigkeit dieser Bewegungen im Erdinnern geht daraus hervor, dass nicht nur mächtige Berge, sondern ganze Gebirgszüge durch den ungeheuern Druck der gährenden plutonischen Gebilde emporgehoben wurden. Die Hebungen fanden häufig unter sehr starker Aufrichtung der Schichten und bedeutenden Dislokationen der gehobenen Gebirgsmassen statt. Solche Hebungen der Kreidegebirge zeigen sich: in den französischen Alpen, in den Pyrenäen, in den Apenninen, in den Karpathen, im Pindusgebirge in Griechenland, in Dalmatien, in Nordafrika und am Kaukasus. — Ein grosser Theil von Europa und noch aussereuropäische Länder

veränderten also durch diese grossartigen plutonischen Bewegungen kurz nach Ablagerung der Kreide ihre ganze Gestalt.

Wir werden bald sehen, dass diese plutonischen Bewegungen in dem folgenden sechsten Zeitraum noch weit stürmischer erfolgten und mit so grossartiger Wirkung, dass dadurch fast die ganze Erdoberfläche eine andere Gestalt erhielt.

Sechster Zeitraum.

Die Gebilde dieser geologischen Periode bestehen zum grössten Theil aus neptunischen Ablagerungen und diese zeichnen sich schon im Allgemeinen dadurch aus, dass unter denselben sehr häufig Süsswassergebilde auftreten, was auf eine sehr bewegte Zeit deutet, indem abwechselnd am gleichen Orte Meer und Land mit süssen Gewässern aufeinander gefolgt sein müssen, wie namentlich im Pariser und mittelrheinischen Tertiärbecken. Es bedarf kaum der Bemerkung mehr, dass diese neptunischen Gesteine auch durch eine ganz eigenthümliche Flora und Fauna charakterisirt sind. Die erstere steht hier wie im Steinkohlen-Gebirge wiederum im innigsten Zusammenhang mit Kohlenbildungen, die in diesem Zeitraum in grosser Verbreitung abgelagert wurden und die man ohne Rücksicht auf ihre mineralogischen Merkmale Braunkohlen heisst. Diese Braunkohlenlager sind fast zu allen Zeiten dieser Periode abgelagert worden und ihr Bildungsprocess zieht sich durch die Diluvialperiode bis in die geschichtliche Zeit (Torfbildung) fort. — Nicht minder bezeichnend für den sechsten Zeitraum der Geologie müssen die nun vorkommenden ersten Durchbrüche vulkanischer Massen genannt werden, welche gleich bei diesem ersten Erscheinen in grossartiger Weise auftreten. — Das Empordringen plutonischer Erzeugnisse bis zur Erdoberfläche hat nun gänzlich aufgehört. Dagegen ereigneten sich während dieser Periode die grössten Gebirgs-Hebungen, welche auf äusserst grossartige Bewegungen im Erdinnern schliessen lassen.

Betrachten wir zuerst die neptunischen Ablagerungen, und hierauf die vulkanischen Gebilde des sechsten Zeitraums.

I. Neptunische Ablagerungen des sechsten Zeitraumes.

Tertiär-Gebirge.

(Molassen-Gebirge. Gruppe über der Kreide.)

Unter diesem Namen begreift man die sämmtlichen neptunischen Gebilde, welche während dieser Periode abgelagert wurden. Diese Ablagerung geschah nicht mehr in der grossen Ausdehnung über einen bedeutenden Theil der Erdoberfläche wie bei den neptunischen Gebilden der frühern Zeiträume. Die Absätze der Gesteine erfolgten mehr in kleineren, geschlossenen Becken, was schon auf eine geringere Ausdehnung der Meere der damaligen Zeit schliessen lässt. — In diesen verschiedenen von einander getrennten Becken setzten sich, wie leicht begreiflich, Gesteine ab von sehr verschiedener mineralogischer Beschaffenheit, und so kommt es, dass Tertiärgebilde, welche nach ihren organischen Resten geologisch miteinander übereinstimmen, doch petrographisch bedeutend von einander abweichen. Eine und dieselbe tertiäre Ablagerung zeigt in einer Gegend vorherrschend eine kalkige, in der andern eine thonige, in der dritten eine sandige Beschaffenheit; an dem einen Orte herrschen in dem Tertiärgebilde derselben Epoche die Meeresablagerungen vor, an dem andern die Süsswasserabsätze. Es wäre daher ein erfolgloses Bemühen, ein genaues allgemeines Bild von der mineralogischen Beschaffenheit der Tertiärgesteine geben zu wollen. Eine nähere Schilderung derselben hat lediglich örtlichen Werth. Aehnliches war allerdings schon bei ältern neptunischen Ablagerungen der Fall, namentlich im Jura und in der Kreide, allein doch nicht in dem auffallenden Grade, wie im Tertiär-Gebirge. — Aus diesem Grunde werde ich mich darauf beschränken nur einige Andeutungen über die Gesteinsbeschaffenheit des Tertiär-Gebirges zu geben.

Nach ihren organischen Resten hat man die Tertiär-Gebilde in drei Abtheilungen oder Gruppen gebracht, nämlich in eine untere, mittlere und obere. — Es muss hier bemerkt werden, dass aus den oben angeführten Gründen diese Scheidung keine strenge sein kann. Während die Nummulitengesteine, die wir unter den alpinischen Kreidebildungen kennen lernten, und die erste Abtheilung sich allerdings ziemlich entschieden von den zwei folgenden trennen lassen, fällt es schwer, die letzteren sicher von einander zu scheiden. Im Süden schwindet endlich jeder Unterschied, da mit dem Auftre-

ten der klimatischen Unterschiede auf der Erdoberfläche der Süden den Charakter der mittlern Tertiärzeit beibehielt, seine jetzige organische Schöpfung der mitteltertiären dort abgelagerten analog ist und auch die in geschichtlicher Zeit abgelagerten Gesteinsschichten durch ihre organischen Einschlüsse jenem Charakter treu bleiben müssen.

Erster Abschnitt.

Unteres Tertiär-Gebirge.

(Eocän-Gebilde. Grobkalk-Formation.)

Da die mineralogischen Merkmale der Gesteine des untern Tertiär-Gebirges sehr verschieden sind je nach dem Becken, in welchem sie sich ablagerten, so scheint es mir am passendsten zuerst die wichtigsten Gegenden aufzuführen, in welchen man dieselben bis jetzt nachgewiesen hat.

Verbreitung des untern Tertiär-Gebirges. — Am ausgezeichnetsten tritt diese Ablagerung in Frankreich, namentlich in der Gegend von Paris auf, wo sie auch zuerst und am genausten untersucht wurde. Von Paris dehnt sich die Ablagerung ungefähr 10—15 Stunden weit westlich und noch weiter östlich bis über Melun aus, dann nördlich bis gegen Rheims, Laon und St. Quentin. Eine andere in Frankreich in der Gegend von Bordeaux und von dort nördlich bis über die Dordogne hinaus vorkommende Ablagerung, auch bis jetzt zur untern Tertiärformation gerechnet, gehört zur miocänen. In England zeigt sich das untere Tertiärgebirge in den Umgebungen von London, von wo es sich weithin nördlich zieht und zugleich die Ostküsten des Landes bildet, dann nach einer Unterbrechung durch Kreide, im südlichen Theile des Landes am Kanal wieder erscheint und auf der Insel Wight. — In Belgien findet sich das untere Tertiärgebirge südlich von Brüssel, bis zur Kreide gegen Namur, Mons und Lille. — In Deutschland hat man diese ältere Tertiärablagerung bis jetzt nur sicher in Mecklenburg nachgewiesen. In Italien erscheint dieses Gebilde am Monte Bolca bei Verona und vielleicht im Roncathal. — Endlich kennt man auch eine Ablagerung des untern Tertiärgebirges ausser Europa, am Missisippi in Nordamerika.

Im Pariser-Becken besteht das untere Tertiärgebirge theils aus Meeres-, theils aus Süsswassergebilden. Zu unterst liegt eine

Süsswasserablagerung, welche vorzugsweise aus verschiedenfarbigem Thon besteht und auch Braunkohlen führt, der plastische Thon, und zahlreiche Süsswasser-Schnecken, dann Knochen von Säugethieren und Schildkröten enthält. — Darüber findet sich eine vorherrschend kalkige Ablagerung, der Grobkalk, ein grösstentheils hellfarbiger Kalkstein mit zahlreichen Meeresconchylien und bedeckt von weissen oder grünlichen Sandsteinen, ebenfalls sehr reich an Meermollusken. Diese beiden Ablagerungen, der Grobkalk und die Sandsteine, sind also Meeresgebilde. — Nun folgt abermals eine Süsswasserablagerung, die zum grössten Theil aus hellfarbigen Mergeln mit bedeutenden Gypslagern besteht, Süsswasser-Gyps und Mergel und welche von einem löcherigen Quarzgestein bedeckt ist, das zu Mühlsteinen verarbeitet wird. Die Süsswassergypse sind reich an Säugethier-Knochen.

Im Becken von London und überhaupt in England, zeigt das untere Tertiärgebirge eine ganz andere petrographische Beschaffenheit, als im Pariser-Becken. Während hier Süsswasser- und Meeres-Ablagerungen sich an Mächtigkeit beiläufig gleich kommen, herrschen in England die Meeresgebilde weit vor. Während diese Tertiär-Ablagerungen in Frankreich vorzugsweise aus Kalksteinen bestehen, werden sie in England zum grössten Theil aus Thonen gebildet. — Zu unterst zeigen sich im Becken von London sehr mächtige Ablagerungen von vorherrschend dunkelgrauem und blaulichem Thon, der London-Thon, dessen Conchylien grösstentheils mit jenen des Pariser Grobkalks übereinstimmen und der also ein Meeresgebilde ist. Ueber diesen grossen Thonmassen finden sich Lager von Quarzsand mit dazwischen liegenden Mergelschichten, der Bagshot-Sand, dessen Versteinerungen mit jenen des Londonthons übereinstimmen. Stellenweise zeigen sich, besonders ausgezeichnet auf der Insel Wight, zwischen diesen Meeresgebilden, aus Mergeln, Kalksteinen und Sand-Anschwemmungen zusammengesetzte Süsswasser-Ablagerungen, im Wesentlichen mit denselben organischen Resten, welche man in dem Pariser Süsswasser-Gypse findet.

Das untere Tertiärgebilde von Belgien nähert sich in Bezug auf seine mineralogische Beschaffenheit weit mehr dem von London, als jenem von Paris und ist also vorherrschend thonig und sandig, während die ältern Tertiärablagerungen in Oberitalien grösstentheils aus hellfarbigen mergeligen Kalksteinen bestehen.

In **Mecklenburg** wird das untere Tertiärgebirge fast ausschliesslich aus braunen eisenschüssigen **Sandsteinen** gebildet, in welchen man im Wesentlichen dieselben Versteinerungen antrifft, wie im Pariser Grobkalk und im Londonthon und die also eine Meeres-Ablagerung sind. Endlich finden sich in Süddeutschland (Württemberg, Baden) Ablagerungen von Grobkalk und Bohnerzen, deren Bildung diesem Zeitabschnitte angehört.

Organische Reste des untern Tertiär-Gebirges.

Es fällt schon schwieriger, in wenigen Umrissen ein Bild der eocänen organischen Schöpfung zu geben, als ein solches von einer mehr abgeschlossenen Formation der ältern Erdgeschichte. Die Gründe hiefür fallen leicht in die Augen, wenn man das über die Trennung der Tertiärschichten überhaupt Gesagte (Seite 227) beherzigt. Hat sie auch durch das Vorkommen zahlreicher Meeralgen, Palmen, dann der Nummuliten, ferner durch den Mangel von Arten, die mit den jetzt lebenden identisch sind, eine von den spätern Tertiärablagerungen verschiedene Färbung, so sind doch wenige Merkmale vorhanden, die zu ihrer genauen Charakterisirung der Kreideschöpfung gegenüber dienten.

FLORA.

Die eocänen Pflanzen kommen bis jetzt häuptsächlich an folgenden Localitäten vor: Bei Verona am Monte Bolka (zugleich eine reiche Fundgrube eocäner Fische), am Monte Promina in Dalmatien, bei Häring in Tyrol, Sotzka und Sagor in Steiermark, im Pariser- und Brüsslerbecken, auf den Inseln Sheppey und Wight.

Unter mehr als 500 (nach **Unger**, der sehr viele miocäne Pflanzen hieher zieht) oder über 200 (nach Lethaea geogn. III Auflage) bis jetzt bekannten Eocänpflanzen hebe ich folgende hervor: *Algen*: **Cystoseirites communis, Sphaerococcites cartilagineus, Chondrites Targionii** und **intricatus**, die unter den Kreidepflanzen ebenfalls angeführt wurden, da manche Geologen sie noch dorthin stellen, **Delesserites Gazolanus, Chara Lemani, medicaginula.**

Farren: **Pteris radobojana, Asplenites allosuroides.**

Coniferen: **Chamaecyparites Hardti, Callitrites Brongniarti, Araucarites Sternbergi.**

Monocotyledonen: Phoenicites speciosa, Flabellaria haeringiana, maxima, raphifolia, Bambusium sepultum. — *Dicotyledonen*: Myrica banksiaefolia, Betula Dryadum, Quercus Drymeia, Ulmus prisca, Ficus-Arten, Daphnogene polymorpha, cinnamomifolia, diese beiden Pflanzen sind hauptsächlich für die Tertiär-Formation in allen Gliedern bezeichnend; Dombeyopsis tiliaefolia, Celastrus Andromedae, Planera Ungeri, Pyrus Troglodytarum, Podocarpus eocaenica, Cassia Berenices, Caesalpinia norica.

FAUNA.

Unter den *Foraminiferen* treten folgende in dieser Formation auf: Spirulina, Rotalia, Quinqueloculina, Triloculina; dann Nummulites mit folgenden Arten: N. planulatus, nummularius, spissus, mamilla, scaber, rotula; — höher oben im Niveau des pariser Grobkalkes N. laevigatus und elegans. Mit den erstern Nummuliten finden sich Alveolina und Assilina-Arten, mit den letztern Orbitoliten und Lunuliten (Bryozoen).

Unter den *Polypen* treten die *Amorphozoen* zurück. — Von *Anthozoen* sind bezeichnend: Turbinolia elliptica, crispa; dann häufig Arten von Astrea. — Ausser den oben genannten *Bryozoen* ist auch Eschara häufig.

Von *Echinodermen* sind namentlich die Cidariden durch die Sippe Cidaris, die Nucleoliten und Spatangoiden vertreten, aber nicht mehr so zahlreich wie in der Kreide. Bezeichnend sind: Pigurus politus, subsimilis, Eupatagus ornatus, Pygorhynchus subcylindricus.

Würmer: Serpula spirulaea.

Die *Mollusken* bilden die Hauptmasse der Eocänpetrefakten sowohl in Beziehung auf Arten- als Individuenzahl. In den Süsswassergebilden kommen folgende erwähnenswerthe vor: Physa gigantea, Melanopsis fusiformis, brevis, Neritina globulus, Cyclas deperdita, Limnaeus longiscatus, pyramidalis, Planorbis lens, rotundatus, Potamides margaritaceus, cinctus. — Von Meeresconchylien nenne ich folgende: *Pelecypoden*: Ostrea flabellula, cymbula, Nucula similis, Pecten plebejus, Pectunculus pulvinatus, Cardium porulosum, Cardita planirostra, Lucina

divaricata, Crassatella tumida, sulcata. — *Protopoden*: Dentalium. — *Gasteropoden*: Natica epiglottina, sigaretina, Solarium bistriatum, Turritella imbricataria, Mitra scabra, Ampullaria acuta, Cerithium giganteum, Cancellaria evulsa, Fusus longaevus, Noae, bulbus, regularis, Rostellaria fissurella, ampla, Buccinum stromboides. — *Cephalopoden*: Nautilus regalis.

Crustaceen: Balanus, Cytherina und einige Decapoden.

Insekten treten von dieser untersten Tertiär-Ablagerung an viel häufiger auf als früher. Doch unterlassen wir deren speciellere Erwähnung als zu weit führend.

Von *Wirbelthieren* sind alle Klassen vertreten: *Fische*. Die zahlreichen Fischreste des Monte Bolka, als hauptsächlichem Fundort, werden als nur von localem Interesse nicht weiter berücksichtiget; von einiger Verbreitung sind Edaphodon Bucklandi und Lamna elegans.

Reptilien. Diese nähern sich sämmtlich in ihrer Beschaffenheit denen der Jetzwelt. Die abentheuerlichen Formen des Jura und der Kreide sind nun gänzlich durch Thiere verdrängt, die sich von den jetzt lebenden in Grösse und Bau nicht mehr so weit entfernen. Ausser den *Sauriern* und *Cheloniern* treten nun auch *Ophidier*, wie Palaeophis (England), auf.

Vögel. Die interessantesten Funde sind Palaeornis Parisiensis (Paris) und Lithornis Vulturinus (England).

Säugethiere. Haben wir auch aus frühern Perioden schon Reste von solchen kennen gelernt, so kann man doch erst von der untern Tertiärzeit sagen, dass hier ihr entschiedenes Auftreten beginne. Die wichtigsten nun zu erwähnenden Thierreste wurden im Becken von Paris gefunden. — Aus der Ordnung der *Wale* ist Zeuglodon macrospondylus zu nennen, ein kolossales Skelett aus den untern Tertiärschichten Nordamerikas, wo noch einige andere Arten der Sippe gefunden wurden. — Von *Ungulaten* hebe ich hervor: Palaeotherium magnum, medium und crassum, die nebst andern Arten im Seinebecken, ausserdem an vielen andern Orten, auch in Deutschland und England entdeckt wurden; ferner Plagiolophus minor (Paloplotherium), Hyracotherium leporinum, Adapis Parisiensis, Hyopotamos bovinus und Vectianus, Choeropotamos Parisiensis, Anoplo-

therium, Xiphodon, Dichobune, Dichodon. — Die übrigen Ordnungen der Säugethiere sind theils schwach, theils gar nicht vertreten.

Zweiter Abschnitt.

Mittleres Tertiär-Gebirge.

(Miocän-Gebilde. Tegel-Gebilde.)

Da auch bei diesen Tertiär-Ablagerungen die mineralogischen Merkmale der Gesteine in den verschiedenen Gegenden sehr verschieden sind, so will ich wieder zuerst die Verbreitung angeben, und hierauf die Beschaffenheit der Gesteine in den verschiedenen Becken kurz erwähnen.

Verbreitung und mineralogische Merkmale.

Verbreitung. — Das mittlere Tertiärgebirge zeigt sich in verschiedenen Ländern mit beträchtlicher Ausdehnung und Mächtigkeit. Es erscheint in Deutschland ganz besonders verbreitet in Oestreich und hier zunächst in den Umgebungen von Wien, von wo es sich weithin nach Mähren ausdehnt, zwischen dem mährischen Urgebirge und dem Marchfluss, über Brünn bis in die Gegend von Ollmütz; von der March ziehen sich diese Ablagerungen noch weit nach Ungarn hinein. Eine zweite, beträchtliche Ablagerung des mittlern Tertiär-Gebirges findet sich in Deutschland in dem Becken von Mainz; aus den Umgebungen dieser Stadt zieht es sich südwestlich hinauf durch Rheinhessen, ungefähr bis gegenüber von Mannheim und östlich verbreitet es sich in die Umgebungen von Wiesbaden und Frankfurt. Auch die Braunkohlenlager der Wetterau gehören diesem Zeitabschnitte an. Endlich hat man in Deutschland noch das mittlere Tertiärgebirge angetroffen in der Gegend von Georgens-Gmünd und Friedrichs-Gmünd in Baiern. — Eine sehr bedeutende Verbreitung zeigt ferner diese Tertiär-Ablagerung in Frankreich. Dort gehören zum mittlern Tertiärgebirge die obern Schichten im Becken von Paris; dann die Gegend von Bordeaux, wo das mittlere Tertiärgebirge grösstentheils aus einem hellfarbigen Meereskalk besteht, der von Süsswassersand bedeckt wird und Knochen von Wirbelthieren enthält. Darüber sind dann ebenfalls knochenhaltige Süsswasserkalke gelagert.

Zum miocänen Gebirge Frankreichs gehören ferner die sog.

Faluns der Touraine; die untern Schichten der Auvergne; dann die Braunkohlenlager, die tertiären Kalksteine und Gypse des Lanquedoc. (In England scheint das mittlere Tertiär-Gebirge ganz zu fehlen, wenn nicht vielleicht die untern Schichten des sog. Crag der Grafschaften Suffolk und Norfolk hieher gerechnet werden dürfen) — In Italien hat man diese Ablagerung nur sehr wenig entwickelt gefunden. Es gehören hieher die Tertiärgebilde am Superga-Berg bei Turin und vielleicht auch jene des Ronca-Thales (siehe Seite 228). — In grosser Ausdehnung zeigt sich endlich noch das mittlere Tertiärgebirge in Gallizien, Volhynien, Podolien, Ungarn, Siebenbürgen und in der Wallachei. Ferner in Nordamerika und Mexico, Chili und Patagonien.

Mineralogische Merkmale. — In den Umgebungen von Wien besteht das mittlere Tertiärgebirge aus grauen und blaulichen Mergeln, dem sog. Tegel, dann aus Ablagerungen von hellfarbigem Sand. Ueber diesen Gebilden treten beträchtliche Lager von Kalksteinen auf, welche, weil sie einen grossen Theil des Leithagebirges zusammensetzen, die Benennung Leitha-Kalk erhielten. Sowohl in den untern als in den obern Lagen dieses Kalkes findet man manchmal Sandsteine und Anhäufungen von lockerem Sand, dann auch Kalkconglomerate. Erst in neuester Zeit hat es sich auch aufs Unzweifelhafteste herausgestellt, dass die Steinsalzablagerung von Wieliczka der miocänen (wenn nicht gar einer noch jüngern) Periode angehört.

Diese Tertiärablagerungen sind Meeresgebilde. — Bisweilen zeigen sich auf denselben noch beträchtliche Ablagerungen von Süsswasserkalk.

Das Tertiär-Becken von Mainz enthält im Wesentlichen folgende Ablagerungen: Zu unterst finden sich Anschwemmungen von Sand und Geröllen, dann Conglomerate und sandige Kalksteine. Darüber erscheinen Ablagerungen von Thon und Mergel, dann feste gelbliche Kalksteine, sehr reich an Meeres-Conchylien. Nach oben werden diese Kalksteine wieder sandig und mergelig. — Die oberste Ablagerung des Tertiär-Beckens, welche aber nicht überall entwickelt ist, bilden beträchtliche Anschwemmungen von Sand und Geröllen, reich an Knochen von Säugethieren der mittlern Tertiärzeit, namentlich von Dinotherium, Rhinoceros und Mastodon. — Auch diese Tertiärbildungen des Mainzer-Beckens bestehen, wie jene des Beckens von Wien, vorherrschend aus Meeresabsätzen;

Süsswassergebilde kommen nur untergeordnet in kleinen Zwischenlagern vor.

Das mittlere Tertiärgebirge von Georgens-Gmünd und Friedrichs-Gmünd ist aus Ablagerungen von Kalksteinen zusammengesetzt, in welchen zahlreiche Säugethier-Knochen aus dieser geologischen Periode angetroffen werden.

Zu den mittlern Tertiärgebilden des mittlern und nördlichen Deutschlands müssen ferner gezählt werden: mehrere vereinzelte Ablagerungen von Sandsteinen, sandigen oder kalkigen Mergeln, von Thonen und von hellfarbigen mergeligen Kalksteinen, welche in Preussen, besonders in den Provinzen Westphalen, Sachsen, Brandenburg und Pommern auftreten, dann in Hannover und Braunschweig, in Mecklenburg u. s. w. Die geologische Stellung derselben ist in einigen Fällen noch zweifelhaft.

In verschiedenen Gegenden von Mittel- und Nord-Deutschland finden sich mehr oder weniger beträchtliche Lager von Braunkohlen, welche zum Theil zu einem nicht unbedeutenden Bergbau Anlass geben. Diese Braunkohlen sind von Thon- und Mergel-Lagern begleitet, bisweilen von Sandstein. Nach ihren organischen Resten, soweit dieselben bis jetzt bekannt sind, muss man diese Gebilde dem mittlern Tertiärgebirge beizählen.

Solche Ablagerungen von Braunkohlen finden sich: im Mainzerbecken in der Wetterau und am Westerwald; im Siebengebirge; in der Gegend von Köln und Helmstädt; im Thüringerwald; in Sachsen; in Böhmen, besonders in der Gegend von Töplitz, Bilin und Eger; in Schlesien u. s. w.

In Frankreich zeigt das mittlere Tertiärgebirge wie in Deutschland verschiedenartige mineralogische Beschaffenheit, je nach den verschiedenen Gegenden, in welchen es abgelagert wurde. Im Becken von Paris besteht es aus Sandsteinen mit Meeresconchylien (Sandsteine von Fontainebleau) und einer darüber liegenden Süsswasserbildung, welche aus sandigen Thonen und Mergeln, dann aus kieseligen Kalksteinen mit Quarzconcretionen, zusammen gesetzt ist. — Die sog. Faluns der Touraine bestehen grösstentheils aus Mergeln, Sand und Geröllen, welche Meeresbildungen sind, und darüber aus graugelben Mergeln mit Süsswasserschnecken und Säugethier-Knochen. — In den übrigen Theilen von Frankreich wechseln wie in den bisher kurz erwähnten Tertiärbecken ebenfalls Ablagerungen miteinander, welche bald sandig bald thonig oder

mergelig, bald kalkig und theils Meeres-, theils Süsswassergebilde sind. Es würde zu weit führen und von keinem allgemein wissenschaftlichem Interesse sein, diese Ablagerungen näher zu beschreiben. Ich beschränke mich daher auf die Bemerkung, dass im mittlern Tertiärgebirge des südlichen und mittlern Frankreichs nicht selten grössere bauwürdige Braunkohlenlager auftreten.

Die Tertiärgebilde des Superga-Berges bei Turin bestehen aus Schiefer-Mergeln, mergeligen Sandsteinen und aus Conglomeraten. Diese Ablagerungen sind reich an Meeres-Conchylien der mittlern Tertiärzeit.

Organische Reste des mittlern Tertiär-Gebirges.

Mit der Altersabnahme der Formationen nehmen die Schwierigkeiten zu, ihren Charakter und namentlich die Pflanzen- und Thierwelt in bestimmten Umrissen zu zeichnen. Die Nummuliten fehlen in diesem Zeitabschnitte im Gegensatz zum vorigen gänzlich, während die mitteltertiäre Pflanzenwelt im Gegensatz zur obertertiären noch Palmen, sprechende Zeugen eines tropischen Clima's, aufzuweisen hat. Die Fälle, dass ein und dasselbe Fossil mehreren geologischen Zeitabschnitten zugehört, nehmen zu, doch nicht in dem Maasse wie bei der folgenden Abtheilung des Tertiärgebirges; ebenso kommen in der mittlern Tertiärzeit nur sehr wenige Geschöpfe vor, deren Fortexistenz bis in die jetzige Schöpfung herein erwiesen wäre; ein Umstand, der für den Charakter der mitteltertiären organischen Schöpfung insofern von Wichtigkeit ist, als er für die nächstfolgende Periode keine Gültigkeit mehr hat.

FLORA.

Ein Theil der Flora des mittlern Tertiärgebirges nahm an der Bildung der Braunkohlenlager Antheil und kommt daher als verkohltes Holz, als verkohlte Früchte oder als Blätter- und Blüthen-Abdrücke in Kohlenschiefern vor. Ein anderer Theil findet sich in Sandsteinen und Schiefern. Die Hauptfundorte mitteltertiärer Pflanzen sind: Paris, Aix, Wetterau, Tongern in Belgien, Halle; ferner wurden solche in Brandenburg, Böhmen, Schlesien, Braunschweig und am Niederrhein gefunden.

Die bemerkenswerthesten hieher gehörigen Pflanzen sind: Chara medicaginula, Widdringtonites Ungeri, Libocedrites salicornoides, Glyptostropus europaeus,

oeningensis, Cupressites Langsdorfi, Flabellaria raphifolia, Bambusium sepultum, Alnites Kefersteini, Betula Salzhausensis, Juglans rostata, acuminata, Quercus Drymeia, grandidentata, Lonchitis, Comptonia acutiloba, Steinhaueria, Ulmus Bronni, Daphnogene cinnamomifolia, polymorpha, Acer tricuspidatum, trilobatum, productum, Dombeyopsis grandifolia, Decheni, Rhamnus Decheni, Podocarpium Knorri, Sapindus falcifolia.

FAUNA.

Bei der fortwährenden Zunahme der Sippen und Arten versteinerter Thiere, wird die Thierschöpfung stets bunter und manchfaltiger. Hiemit geht für die Geologie aber auch die Möglichkeit, scharfe Charaktere für die Fauna einzelner Abschnitte aufzustellen, mehr und mehr verloren. Negative Merkmale der in Rede stehenden Fauna sind etwa das Fehlen der Nummuliten und die bedeutende Zunahme von höhern Wirbelthieren, namentlich Säugethieren.

Aus der Classe der *Foraminiferen* sind die bezeichnendsten: Dentalina elegans, Nonionina bulloides, Rotalina Ungeriana, Globulina gibba, aequalis.

Weichthiere. Die bezeichnendsten und verbreitetsten sind: Ostrea callifera, longirostris, Perna maxillata, Dreissena Basteroti, Pecten reconditus, Pectunculus terebratularis, Arca Noae, diluvii, Natica crassatina, Litorinella acuta, Cyrene Faujasi, Nucula margaritacea, Corbula Pisum, Planorbis rotundatus, Cyclostoma bisulcatum, Helix sylvestrina, Cancellaria evulsa, Ancillaria glandiformis, Cerithium plicatum, scabrum, margaritaceum, tricinctum, Pirula condita, Cassis texta, Conus Brocchii, pelagicus.

Fische: **Lamna contortidens, cuspidata, denticulata, Oxyrhina leptodon, trigonodon, xyphodon, Carcharodon heterodon, megalodon, Hemipristis serra, Otodus obliquus, Notidanus primigenius, Sphaerodus irregularis, Sphaenolepis squamosissima, Smerdis minutus.** Ausser diesen zum Theil sehr gewöhnlichen Fischen kommen zahlreiche Cyprinoiden vor und zeichnen diese Abtheilung vor dem untern Tertiärgebirge und allen frü-

hern geologischen Perioden aus, indem diese auch in der Jetztzeit häufige Fischfamilie früher nicht vertreten war.

Unter den *Reptilien* werden die *Chelonier* häufiger, während die *Saurier*, in ähnlichen Formen wie in den vorigen Abtheilungen, die *Ophidier* und *Batrachier* kaum vertreten sind. Palaeochilys Taunica und Bussenensis führe ich als Beispiele von Schildkröten auf, wovon die erstere bei Wiesbaden, die letztere am Bussen in Württemberg entdeckt wurde, die also beide durch den Fundort von einigem Interesse sind.

Die bemerkenswerthesten *Säugethiere* der mittlern Tertiärzeit sind die folgenden: Halianassa Collinii, Pachyodon mirabilis, Halitherium Schinzii, Dinotherium giganteum, Mastodon angustidens, Rhinoceros Schleiermacheri, minutus, Aceratherium incisivum, Anchitherium Aurelianense, Hippotherium gracile, nanum, Hyotherium, Anthracotherium magnum, Tapirus priscus, Palaeomeryx, Cervus, Amphicyon.

Dritter Abschnitt.

Oberes Tertiär-Gebirge.

(Pliocän-Gebilde.)

Es kann kaum mehr nach der Zeitfolge seiner Ablagerungen oder nach der Art derselben abgetheilt werden, da die meisten Gebilde dieses Zeitraumes einen Lokalcharakter angenommen haben. Wir behandeln hier erst die Molasse, dann die obertertiären Ablagerungen Frankreichs, Englands und Italiens und endlich die jüngste der vorgeschichtlichen geologischen Bildungen, das Diluvium.

Erste Abtheilung. Molasse.

Die Geologen sind nicht ganz einig darüber, ob die Molasse dem mittlern oder dem obern Tertiär-Gebirge angehöre. Es rührt diess von der zur Zeit noch mangelhaften Untersuchung ihrer organischen Reste her. Mehrere Beobachtungen sprechen indessen dafür, dass sich diese Ablagerung dem Subapennin-Gebilde nähere, und machen es daher am wahrscheinlichsten, dass sie in die obere Tertiär-Formation gestellt werden müsse.

Die Molasse kann nach den verschiedenen mineralogischen Charakteren ihrer Gesteine in zwei Abtheilungen gebracht werden, nämlich in Molasse-Sandsteine und Nagelflue; diese Eintheilung ist

aber lediglich mineralogisch, nicht geologisch, da beide Gebilde miteinander wechsellagern, also einer und derselben geologischen Epoche angehören.

Molasse-Sandsteine. — Die Sandsteine der Molasse sind vorherrschend grünlich und hellgrau, selten gelb durch Eisenoxydhydrat. Sie besitzen mergeliges, mit Salzsäure brausendes Bindemittel und gehören also zu den Mergelsandsteinen. Bald zeigen sie grobkörnige, bald und häufiger feinkörnige Struktur. In den Alpen besitzen diese Sandsteine meist beträchtliche Härte, in den niedrigern Gebirgen dagegen haben sie fast immer eine weiche Beschaffenheit, und liefern in diesem Falle ein schlechtes Baumaterial. — Die obern Lagen der Molasse-Sandsteine sind häufig ganz erfüllt von Versteinerungen. Bisweilen werden diese versteinerungsreichen obern Schichten durch die Benennung Muschelsandstein unterschieden. — Nicht selten findet man in den Molassesandsteinen rundliche und vielgestaltige Knauer von sandigem Mergel eingelagert.

Nagelflue. — Dieses Gestein besteht aus einem Conglomerat von Geröllen, theils aus plutonischen Felsarten, theils aus Kalksteinen und Thonschiefern, fest verkittet durch ein mergeliges und sandiges Bindemittel. Die Grösse der Gerölle ist, wie gewöhnlich in den Conglomeraten, sehr verschieden und wechselt vom Durchmesser einiger Fuss bis herunter zur Haselnuss- und Erbsengrösse. — Diese Conglomeratmassen sind in mächtige Bänke abgetheilt, welche mit Molassesandsteinen und Mergel wechsellagern.

Die organischen Reste der Molasse setzen ausser Zweifel, dass diese Ablagerung ein Meeresgebilde sei. Mit den Molassesandsteinen und der Nagelflue treten öfters kleine Lager von meist hellfarbigem mergeligem Süsswasserkalk auf, welcher leicht durch das Vorkommen von Land- und Süsswasserschnecken, namentlich aus den Gattungen Helix, Planorbis, Lymnaea, Paludina und Melania erkannt wird. — Eben so erscheinen nicht selten in der Molasse Lager von Braunkohlen, welche häufig nur eine sehr geringe Mächtigkeit zeigen, bisweilen aber auch so bedeutend werden, dass sie zu einem nicht unbeträchtlichen Bergbau Anlass geben.

Nach den neuesten Forschungen wird die Meeresmolasse oben und unten von solchen Süsswasser-Gebilden (Süsswasser-Molasse) begrenzt. In der oberen Süsswasser-Molasse kommen zuweilen weisse oder gelblichweisse, seltener graue, mergelige Kalksteine vor, die regelmässig geschichtet und durch die vorhin erwähnten

Gattungen von Land- und Süsswasser-Conchylien bezeichnet sind. Sie setzen häufig selbstständige Hügel und kleine Berge zusammen.

Im Breisgau erscheint die Molasse nicht nur mit ihren gewöhnlichen Charakteren, sondern auch mit mineralogischen Merkmalen, wodurch sie sich von den vorhin beschriebenen Molasse-Ablagerungen unterscheidet. Die Molasse-Gebilde bestehen nämlich in dieser Gegend aus vorherrschend schmutziggelben, rauhen, sandigen Kalksteinen, welchen Conglomerate ein- und aufgelagert sind, die blos Kalksteingerölle enthalten, vom Muschelkalk bis einschliesslich zum Korallenkalk. Die rauhen, sandigen Kalksteine sind hier augenscheinlich die Stellvertreter der Molasse-Sandsteine und die Kalkkonglomerate jene der Nagelflue.

Verbreitung der Molasse. — In grösster Ausdehnung und Mächtigkeit tritt die Molasse in der Schweiz auf. Sie bildet hier am nördlichen Abhang der Alpenkette den grössten Theil der Voralpen in Bergen von 5—6000′ Höhe und darüber. Diese Molasseberge ziehen sich aus den Umgebungen von Genf durch die Cantone Waadt, Freiburg, Bern, Luzern, Zug, Schwyz, Zürich, Thurgau, St. Gallen und Appenzell. Kleinere Molasse-Ablagerungen finden sich in der Schweiz zwischen Alpen und Jura, am Südabhang des Jura und im Innern der Jurathäler, namentlich in den Cantonen Bern, Neufchatel, Solothurn, Basel, Aargau und Zürich. — Auf der Südseite der Alpen findet sich nur ein kleiner Molassezug vom Lago maggiore an, über Como bis gegen Bergamo. — Aus der Schweiz zieht sich die Molasse nach dem südlichen Deutschland. Sie bildet dort die Ufer des Bodensee's, von welchen sie sich noch weit hinein nach Schwaben (Baden und Württemberg) ausdehnt. Sie bedeckt ferner einen grossen Theil von Süd- und Mittelbaiern bis an den Inn und in die Gegend von Passau. Weiter bildet sie einen beträchtlichen Tleil der Vorarlbergeralpen, der baierischen und östreichischen Alpen bis in die Gegend von Wien. — Ein anderer aber kleiner Zweig der Schweizer Molasse findet sich im Breisgau, wo diese Ablagerung vorzugsweise in der Gestalt der sandigen Kalksteine und Conglomerate Hügel und kleine Berge bildet, welche sich von Lörrach bei Basel bis gegen Freiburg und nach einer Unterbrechung bis Lahr hinziehen. (Im mittlern und nördlichen Deutschland findet sich die Molasse nicht mehr.) In Frankreich, dessen obere Tertiärbildungen im Ueberblick weiter unten folgen, erscheint dieses Tertiär-Gebilde nur in den Alpen und im südlichen Elsass. —

Ob die Molasse noch in andern Ländern vorkomme, ist nicht näher bekannt.

Was das Vorkommen von Süsswasser-Kalk und Braunkohle der Molasse-Gebilde betrifft, so muss ich mich darauf beschränken, nur einige Punkte anzugeben, wo die Süsswasser-Kalke in grössern selbstständigen Hügeln und Bergen auftreten und wo mächtigere, bauwürdige Braunkohlen-Lager gefunden werden. — Süsswasser-Kalk, den man zu den Molasse-Gebilden stellen darf, erscheint in Deutschland vorzüglich: bei Oeningen, am Ausfluss des Rheins aus dem Bodensee, im badischen Amt Radolphszell. Dieser Süsswasser-Kalk, welcher auf Molasse-Sandsteinen ruht, hat eine grosse Berühmtheit erlangt durch seinen Reichthum an merkwürdigen Versteinerungen. — Andere süddeutsche Süsswasser-Kalke sind noch jene des Breisgaues (bei Lörrach, Kleinkembs, Schliengen, Auggen u. s. w.) und jene in Württemberg, bei Steinheim und Heidenheim, bei Giengen und bei Ulm.

In der Schweiz kommen beachtenswerthe Ablagerungen von Süsswasser-Kalk vor, bei Boudry am Neufchateler See und bei Court im Münsterthal des Cantons Bern. — Grössere, bauwürdige Braunkohlen-Lager, welche der Molasse angehören, finden sich in der Schweiz: bei Käpfnach am Zürichersee, bei Elg unweit Winterthur, bei St. Martin im Canton Freiburg, bei St. Saphorin, Belmont und Paudex im Canton Waadt. (Die kleinen Braunkohlen-Lager, welche an verschiedenen Stellen in der deutschen Molasse vorkommen, verdienen keine besondere Erwähnung.)

Oertliche Ablagerungen der Molasse.

In einigen Gegenden findet man neptunische Gebilde, theils auf, theils unter, theils zwischen der Molasse liegend, welche mit grösserer oder geringerer Wahrscheinlichkeit der Molasse-Periode beigezählt werden dürfen, aber nur als Local-Gebilde gelten müssen, da ihr Vorkommen auf einzelne Oertlichkeiten beschränkt ist. Hierher gehören folgende Ablagerungen:

a. Tertiäre Eisenerze.

Im Breisgau, im württembergischen und im schweizer Jura, im Doubs- und Haute-Saône-Departement und im Elsass in Frankreich finden sich auf Jura-Gebilden abgesetzt mehr oder weniger beträchtliche Lager von Eisenerzen, deren Stellung im geognostischen System noch nicht mit voller Sicherheit ermittelt ist. Einige Geologen

rechnen diese Erze zu den jurassischen Ablagerungen (siehe S. 209), während sie andere den Tertiär-Gebilden beizählen. Diese letztere Meinung hat aus folgenden Gründen grössere Wahrscheinlichkeit als die andere: Im Breisgau liegen diese Eisenerze bisweilen mitten zwischen den sandigen Kalksteinen und Kalkkonglomeraten der Molasse. Im Haute-Saône-Departement hat man in diesen Erzen Mastodonten-Zähne gefunden. Bei Buxweiler im Elsass liegen diese Erze nach Voltz auf und zwischen Süsswasser-Kalk.

Die tertiären Eisenerz-Lager zeigen folgende mineralogische Beschaffenheit: Das erzführende Gebilde ist ein bunter Thon, dessen sehr verschiedene Farben (weiss, gelb, braun, grau, blaulich, roth u. s. w.) auf die mannigfaltigste Weise, meist in Streifen wechseln. In diesem bunten Thon liegt das Eisenerz, ein thoniger Brauneisenstein, theils in kleinen, schalig abgesonderten Kügelchen als sog. Bohnerz, theils in grössern, knolligen, oder auch in ganz derben Massen. Im Breisgau findet man in Begleitung dieser Eisenerze häufig ausgezeichnete Kugeljaspisse (bei Auggen und Liel) oder aber rundliche, oft sehr grosse Feuerstein-Knollen (bei Kandern, Holzen, Tannenkirch und Hertingen). Seltener trifft man den Erzen Gypsknauer beigemengt.

Diese Ablagerungen enthalten nur spärlich organische Reste, welche theils dem Jura-, theils dem obern Tertiär-Gebirge angehören; unter den erstern sind Astrea und Cidaris (in den Eisenerzen), Cidariten-Stacheln, Apiocriniten-Stiele, Terebratula insignis und Nerineen (in den Jaspissen und Feuersteinen), — unter den letztern Mastodonzähne bemerkenswerth. Ausserdem kommen in den Jaspissen und Feuersteinen sehr häufig Foraminiferen vor.

Fast überall, wo diese Eisenerze angetroffen werden, finden sich dieselben in solcher Mächtigkeit, dass sie zu einem mehr oder weniger bedeutenden Bergbau Anlass geben.

(Die Eisenerz-Ablagerung, welche eben kurz beschrieben wurde, ist nicht zu verwechseln mit einer noch jüngern, der Diluvial-Zeit angehörigen, von welcher erst später die Rede sein wird.)

b. Süsswasser-Gyps.

Am Hohenhöwen bei Engen und bei Boudry am Neufchateler-See finden sich Gypslager, in welchen Land- und Süsswasser-Schnecken vorkommen. Diese Gypse scheinen nach den örtlichen

Verhältnissen ihrer Ablagerung der Molasse-Periode anzugehören und können daher vor der Hand als ein Lokal-Gebilde derselben betrachtet werden.

Organische Reste der Molasse.

FLORA.

Die Molasse-Flora ist namentlich in den Süsswasser-Gebilden der hier in Rede stehenden Ablagerungen begraben. Da diese selbst Altersverschiedenheiten, als an der untern und obern Grenze der Meeres-Molasse gelegen, zeigen, so ist nicht anzunehmen, dass die in der Molasse gefundenen Pflanzen eine coexistirende Flora bildeten. Während in der unteren Süsswasser-Molasse noch Palmen vorkommen, vermissen wir diese in der oberen. Es ist daher zur Zeit nicht möglich, die Molasse-Flora in einem Bilde zu charakterisiren. Wir führen die verbreitetsten und interessantesten Pflanzen in Folgendem auf: Equisetum Braunii, Isoëtes Braunii, Bambusium sepultum, Flabellaria maxima, Potamogeton oeningensis, Glyptostrobus oeningensis, Taxodites dubius, Comptonia oeningensis, Myrica banksiaefolia, Quercus drymeia, lignitum, Ungeri, Ulmus zelkoviaefolia, parvifolia, Liquidambar europaeum, Salix angustissima, Populus ovalifolia, Daphnogene cinnamomifolia, polymorpha, Apocynophyllum lanceolatum, Dombeyopsis tiliaefolia, Rhus stygia, Acer trilobatum, productum, Juglans acuminata, Getonia oeningensis, Podocarpium Knorrii, Cassia Berenices.

FAUNA.

Sie enthält theils Süsswasser-, theils Meeres-, theils Landthiere. Am reichsten sind die Conchylien in Bezug auf Arten- und Individuenzahl vertreten.

Nächstdem ist das Vorkommen sehr zahlreicher Insektenarten interessant. Die Wirbelthier-Reste der Molasse sind ebenfalls beträchtlich und umfassen alle vier Ordnungen. Die meisten andern Thierklassen sind ebenfalls, doch nicht so beträchtlich vertreten und müssen übergangen werden.

Die Fauna der Molasse enthält, wie alle obertertiären Faunen, schon eine beträchtliche Anzahl Thiere, namentlich Meeresconchylien, die mit noch lebenden Arten identisch sind.

Mollusken. Die Süsswasser-Schichten sind durch folgende häufiger vorkommende Versteinerungen bezeichnet: Unio undulatus, Lavateri, Melania Escheri, Planorbis hispidus, marginatus, declivis, Limnaeus, Helix, Pupa, Bulimus, Paludina. In der Meeres-Molasse sind folgende Mollusken am häufigsten und verbreitetsten: Ostrea edulis, Collinii, crispata, Dreissena Brardi, Pecten Burdigalensis, varius, maximus, scabrellus, Arca pectinata, nodulosa, Cardium multicostatum, hians, Deshayesii, striatum, tuberculatum, Isocardia cor, Cyprina islandica, Venus Brocchii, rotundata, incrassata, plicata, Lutraria elliptica, Panopaea Faujasi, Tellina fragilis, tumida, Corbula gibba, complanata, Solen ensis, vagina, Turritella terebra.

Die *Insekten* sind mit sämmtlichen Ordnungen in der Molasse vertreten und zwar durch fast 300 Arten. Die Aufzählung derselben unterbleibt um so eher, als deren Verbreitung gering und ihr Vorkommen kein häufiges ist.

Die *Fische* sind theils Süsswasser-, theils Meeresfische; unter den erstern sind Leuciscus oeningensis und papyraceus und Lebias Meyeri hervorzuheben, unter den letztern wieder die schon in der miocänen Abtheilung genannten Geschlechter: Lamna, Oxyrhina, Carcharodon, Hemipristis, Notidanus etc. zu nennen.

Reptilien. Es treten nun im Gegensatze zu frühern Faunen auch *Batrachier* in grösserer Anzahl auf, wie Orthophya longa, Andrias Scheuchzeri, Palaeophrinus, Latonia Seyfriedi etc. — Ferner werden *Ophidier* gefunden. — Ein bemerkenswerther hierher gehörender *Saurier* ist Crocodilus plenidens. — *Schildkröten* sind in der Molasse nicht selten, wie Testudo antiqua, Chelydra Murchisoni, Emys scutellata, Trionyx.

Vögel gehören auch in dieser jüngern Ablagerung zu den seltensten Vorkommnissen.

Dagegen bilden die *Säugethiere* einen nicht ganz unbeträchtlichen Theil der Molasse-Petrefakten; die wichtigsten sind folgende: Manatus Studeri, Dinotherium giganteum, Mastodon angustidens, Elephas primigenius, Hippopotamus, Choeropotamus Meissneri, Hyotherium medium,

16*

Palaeotherium Schinzii, Rhinoceros tichorhinus, Schinzii, Microtherium Renggeri, Palaeomeryx und Cervus, Orygotherium Escheri, Chalicomys Jaegeri, Galecynus oeningensis.

Zweite Abtheilung. Obere Tertiär-Gebilde in Frankreich.

1. Im südlichen Frankreich findet sich in den Umgebungen der Ufer des mittelländischen Meeres, aus der Gegend von Marseille über Montpellier bis nach Perpignan hin eine beträchtliche Tertiär-Ablagerung, welche von einigen Geologen noch zum mittlern Tertiär-Gebirge gezählt wird, die aber wahrscheinlich dem obern angehört. Diese Gebilde würden vorzüglich in den Umgebungen von Montpellier näher untersucht. Sie bestehen dort vorherrschend aus einem rauhen, löcherigen Kalkstein, welchem man die Benennung Rauhkalk, Calcaire moëllon, gegeben hat. Diese Kalksteine sind bei Montpellier von gelbem Sand und von Sandsteinen bedeckt, oder von weichem, mergeligem Süsswasserkalk. In den Umgebungen von Marseille und an der untern Rhone sind die Kalksteine dieser Tertiär-Gebilde weniger grobkörnig und rauh; dann erscheinen ferner in diesen Gegenden öfters schiefrige Mergel und Ablagerungen von Sandsteinen. Bei Perpignan bestehen diese Tertiär-Gebilde grossentheils aus sandigen Mergeln.

Organische Reste des obern Tertiär-Gebirges im südlichen Frankreich. — Lucina divaricata, Cyprina gigas, Cytherea exoleta, cassinoides, rufescens, Cardium edule, sulcatum, Pecten Jacobaeus, laticostatus, Ostrea edulis, Natica millepunctata, Turritella tornata, Murex Brandaris, Buccinum clathratum, semistriatum, Cypraea coccinella, Balanus.

2. In der Auvergne trifft man mehrere kleine Tertiär-Becken, welche zum grössten Theil nicht Meeres-, sondern Süsswasser-Gebilde sind und die ebenfalls dem obern Tertiär-Gebilde anzugehören scheinen. Diese Gebilde bestehen zu unterst aus rothen Mergeln und hellfarbigen Kalksteinen, während in den obern Schichten Lager von Sandsteinen und von Süsswassergyps auftreten.

Die genannten Ablagerungen sind sehr reich an Versteinerungen, deren Aufzählung aber zu weit führen würde.

3. Die Gegend von Bordeaux enthält über ihren älteren Tertiär-Gebilden eine Ablagerung von Thon- und Mergelsandsteinen (die

sog. Faluns von Bordeaux). Diese sind sehr reich an Meeres-Conchylien, welche manche Aehnlichkeit und Uebereinstimmung mit jenen der Molasse besitzen. Ueber diesen Sandsteinen liegen mächtige Bänke von Conglomeraten aus verschiedenartigen Geröllen bestehend, dann Lager von hellfarbigen Kalksteinen, Thon und Sand. Diese Gebilde setzen grösstentheils die einförmigen öden Heiden zwischen Bordeaux und den Pyrenäen, die sog. Landes zusammen.

Die beachtenswerthesten Versteinerungen dieser Tertiär-Gebilde sind folgende:

Ostrea virginica, Cytherea islandicoides, Arca antiquata, mytiloides, cardiiformis, Venus plicata, Cardium hians, Cardita Jonanniti, Tellina tumida, Lucina scopulorum, Dreissena Brardi, Cyrena Brongniarti, Donax elongatus, Panopaea Faujasi, Lycophrys lenticularis, Cerithium margaritaceum, Pirula Lainei, Fusus clavatus.

4. Bei Sansans im Gers-Departement findet sich eine Süsswasser-Ablagerung, welche durch ihre Säugethier-Reste Interesse erregt. Diese Säugethiere stimmen nahe mit jenen der Molasse überein, so dass man also die Ablagerungen von Sansans ebenfalls dem obern Tertiär-Gebilde beizählen darf.

Unter den Versteinerungen von Sansans sind von ganz besonderer Wichtigkeit Reste von Affen.

Dritte Abtheilung. Obere Tertiär-Gebilde in England.

Ausser den ältern Tertiär-Gebilden, wovon bereits oben S. 227 und 228 die Rede war, finden sich in England noch weitere Tertiär-Ablagerungen von jüngerem Alter und welche vielleicht zum Theil dem mittlern, am wahrscheinlichsten aber zum grössern Theil dem obern Tertiär-Gebirge angehören. Diese Gebilde werden in England durch die Benennung Crag bezeichnet.

In den untern Schichten besteht dieser Crag vorherrschend aus grünlichen und gelblichen Mergeln mit dazwischen liegenden Sandsteinen und Kalksteinen. Diese untern Schichten sind sehr reich an Meeresconchylien. — Der untere Crag wird bedeckt von Lagern eisenschüssiger Mergel und von rothem und braunem Sand und von Sandsteinen. Auch diese obern Ablagerungen sind Meeres-Gebilde. — Man findet diese Abtheilungen des Crag in den Grafschaften Norfolk und Suffolk.

Eine weitere, und wie es scheint, die jüngste Ablagerung des Crag kommt in den Umgebungen von Norwich vor. Diese besteht theils aus Sand, theils aus Schieferthon und kleinen Kalklagern. Sie enthält vorherrschend Meeresconchylien, zwischen welchen aber stellenweise auch Süsswasserthiere auftreten. Mehr denn 60% der Meeresconchylienarten leben noch in den heutigen Meeren.

Die beachtenswerthesten organischen Reste des englischen Crag sind folgende:

Mytilus edulis, Modiola sericea, Cardium edule, Pecten gracilis, Gerardi, princeps, dubius, Tellina obliqua, Nucula laevigata, Cyprina islandica, Voluta Lamberti, Cyrena trigonella, Limopsis aurita, Mya arenaria, Turritella communis, Fusus striatus, Helix hispida, plebeja, Elephas primigenius, Rhinoceros tichorhinus, Mastodon angustidens, Equus fossilis.

Vierte Abtheilung. Obere Tertiär-Gebilde in Italien.

1. Am Fusse der Apeninnenkette, zum Theil sich hoch an den Bergen derselben hinaufziehend, erscheinen in Italien mächtige und ausgedehnte Tertiär-Ablagerungen, welchen man die Benennung Subapennin-Gebilde gegeben hat.

Diese grosse Tertiär-Bildung enthält zu unterst Lager von grauen, blaulichen und gelben, zum Theil sandigen Mergeln, ganz erfüllt mit Meeresconchylien. Ueber den Mergellagern erscheinen Anschwemmungen von gelbem Sand, der ebenfalls sehr reich an Meeresmuscheln und Schnecken ist. — Zwischen oder auf diesen Meeresablagerungen zeigen sich bisweilen Süsswasser-Gebilde, besonders ausgezeichnet im Arnothale bei Florenz. — Die oberste Abtheilung der Subapennin-Gebilde besteht endlich aus beträchtlichen Anschwemmungen von Geröllen, in welchen sehr viele Säugethierknochen gefunden werden.

Die Subapennin-Bildung hat etwa 60% ihrer Meeresconchylien mit der heutigen Schöpfung gemeinsam.

Von den zahlreichen Versteinerungen der Subapennin-Gebilde verdienen die folgenden eine besondere Erwähnung: Terebratula grandis, Ostrea edulis, Pecten opercularis, scabrellus, Perna Soldani, Isocardia cor, Nucula margaritacea, Cytheraea cincta, Cardium hians, Arca Noae, diluvii, Panopaea Faujasi, Venus rugosa, chione,

Clavagella Brocchii, Ringicula buccinea, Turbo rugosus, Trochus magus, Natica olla, Cerithium vulgatum, Buccinum semistriatum, baccatum, prismaticum, Murex Brandaris, Cassis texta, Cancellaria evulsa, Conus Mercati, Brocchii, Chenopus pes pelicani, Pirula condita, Cypraea europaea, Oliva Dufresnei, Carcharodon sulcidens, Oxyrhina plicatilis, Elephas primigenius meridionalis, Mastodon longirostris, Rhinoceros tichorhinus, Cervus Tarandus, Canis spelaeus, Ursus spelaeus, Hippopotamos major.

2. In Sizilien findet sich ein vorherrschend kalkiges Tertiärgebilde, das nach seinen organischen Resten zu den jüngsten Ablagerungen gehört.

Unter den Fossilien mögen die folgenden, als die gemeinsten, Erwähnung finden: Solen siliqua, Panopaea Faujasi, Lutraria elliptica, Erycina Renieri, Corbula nucleus, Psammobia Feroensis, Tellina donacina, distorta, Diplodonta digitalis, radula, Cyprina aequalis, Cytheraea exoleta, Venus radiata, Cardium Deshayesii, sulcatum, papillosum, tuberculatum, Isocardia cor, tetragona, Nucula margaritacea, Chama gryphoides, Pecten Jacobaeus, adspersus, opercularis in mehreren Varietäten, Patella ferruginea, Crepidula unguiformis, Natica millepunctata, Trochus rugosus, Fusus rostratus, Murex Brandaris, Chenopus pes pelicani, Buccinum musivum, gibbosulum, Cypraea coccinella, Dentalium elephantinum.

Fünfte Abtheilung. Obere Tertiär-Gebilde in Süd-Amerika.

Die ungeheuern Ebenen der Pampas, zwischen der Andes-Kette und den brasilianischen Gebirgen, enthalten wohl die ausgedehnteste, bis jetzt bekannte Tertiär-Ablagerung. Man hat dieselbe in drei Gruppen getrennt. Die untere oder Guaranische Gruppe besteht vorherrschend aus lockern Sandsteinen und Thonlagern. Sie enthält keine Versteinerungen. Die mittlere oder patagonische Gruppe bilden Ablagerungen theils von Kalksteinen, theils von Sandsteinen, theils von Thon, mit tertiären Meeresconchylien und einigen Resten von Pflanzen und Säugethieren. Ob diese Gruppe wirklich dem obern oder nicht vielleicht dem mittlern Ter-

tiärgebirge angehört, verdient näher untersucht zu werden. — Die dritte oder oberste Gruppe, jene des Pampas-Thones, besteht vorherrschend aus mächtigen Thonlagern mit dazwischen liegenden Sandsteinschichten. Dieses Gebilde ist von grosser geologischer Wichtigkeit durch seine eigenthümliche Fauna merkwürdiger Säugethiere, deren Reste dort in beträchtlicher Anzahl gefunden werden. Diese Säugethiere des Pampasthones sind bei weitem die interessantesten Versteinerungen der südamerikanischen Tertiärgebilde. Sie besitzen allgemeine geologische Wichtigkeit und verdienen daher hier eine nähere Erwähnung.

Die gleichen Skelette wurden ebenfalls in den Knochenhöhlen Brasiliens gefunden. Nager und Zahnlose (Edentaten) bilden die vorherrschenden Thiere darunter.

Von *Beutelthieren* kommen mehrere Didelphis-Arten vor; von *Widerkäuern* Hirsche, Antilopen und kameelartige Thiere. — Die *Dickhäuter* sind durch Mastodonten, Tapire und Nabelschweine vertreten. — Die wichtigsten Thiere aus der Ordnung der *Zahnlosen* sind: Dasypus, Glyptodon, Hoplophorus, Mylodon, Scelidotherium, Platonyx. — Aus der Ordnung der *Nager*: ein eigenthümlicher Hase, mehrere Ferkelmäuse (Cavia), Backenthiere (Coelogenys), Steissthiere (Dasyprocta), zahlreiche Mäuse (Mus) und ein Springhase (Lagostomus). — Von *Raubthieren* zähle ich folgende wichtigere auf: Felis Arten dem Jaguar, Panther, Ozelot, Caguar verwandt; dann eine Hyaene, ein Stinkthier, mehrere Arten der Gattung Canis und ein Nasenthier. — Ferner kommen einige Fledermäuse und von Affen einige Arten der Gattungen Jacchus (Sahui), Cebus, Callithrix und Protopithecus. Diese Gattungen gehören alle der allein in Amerika vertretenen Abtheilung mit seitlichen Nasenlöchern, ohne Gefässschwielen und Backentaschen an und die drei erstern leben mit andern Arten noch in Amerika.

Sechste Abtheilung. Diluvial-Gebilde.

Als jüngste neptunische Ablagerungen der Tertiärzeit findet man ausserordentlich häufig mächtige und ausgedehnte Anschwemmungen, welche sich nicht wie die meisten andern Tertiärgebilde ruhig aus Wasser absetzten, sondern durch heftige Strömungen herbeigeführt wurden. Diese Ablagerungen bedecken entweder unmittelbar die Erdoberfläche, oder sie finden sich zunächst unter

der Dammerde. Bei weitem in den meisten Fällen sind diese Anschwemmungen Süsswasser-Gebilde; nur in seltnen Fällen scheinen sie ihre Gegenwart der Wirkung von Meeresfluth zu verdanken. Man hat diesen durch grosse Strömungen hervorgebrachten, jüngsten Tertiär-Ablagerungen den Namen der Diluvial-Gebilde gegeben.

Diese Gebilde bestehen aus Anschwemmungen von Geröllen, Sand oder Gruss, Lehm und Mergel; dann aus Ablagerungen grosser Blöcke, der sog. Wanderblöcke oder Irrblöcke. Als Localgebilde zeigen sich ferner Anschwemmungen von Eisenerzen und von andern metallischen Mineralien.

1. Diluvial-Gerölle.

Aeusserst häufig findet man die Ebenen, die Thäler und die Abhänge, zum Theil noch die Rücken und Gipfel der Berge mit grossen Massen abgerundeter Gesteine, mit Geröll-Ablagerungen bedeckt. Diese Gerölle liegen auf allen, auch den jüngsten neptunischen Gebilden des obern Tertiärgebirges; sie sind also entschieden die jüngste Tertiär-Ablagerung.

Oefters bilden diese Geröllmassen für sich allein Hügel und kleine Berge.

Die Grösse der Gerölle in diesen Anschwemmungen ist sehr verschieden; sie wechselt vom Durchmesser mehrerer Fuss, bis zu Nuss-, Haselnuss- und Erbsengrösse. — Meist sind die Gerölle gut gerundet, um so besser, je weiter her sie stammen und solche weit hergeschwemmte findet man auch sehr oft durch die lange und heftige Reibung abgeplattet.

Gewöhnlich liegen die Gerölle lose auf- und nebeneinander; bisweilen jedoch sind sie durch ein Bindemittel zu Conglomeraten verkittet, welche dann zum Unterschied von solchen aus ältern Ablagerungen den Namen der Diluvial-Conglomerate erhalten. — Meistens findet man diese Geröllmassen ganz unregelmässig durcheinander geworfen, so zwar, dass grosse und kleine Gerölle ohne alle Ordnung vermengt liegen, nicht allenfalls die grössten und schwersten zu unterst und die kleinern oben. Bisweilen jedoch tritt auch dieser Fall ein und dann zeigen die Geröll-Ablagerungen auch mehr oder weniger deutliche Schichtung, während sie in der Regel nicht geschichtet sind.

Die mineralogische Beschaffenheit der Gerölle ist äusserst verschieden. Man findet in diesen Diluvial-Ablagerungen die mannig-

selten wie polirt. Ueber diese geglätteten Felsen stehen abgerundete Höcker und Wülste hervor und zwischen denselben zeigen sich flache Vertiefungen. War die Oberfläche der Felsen ursprünglich mehr höckerig, so erscheinen diese Rundhöcker in beträchtlicher Zahl; besass aber der Fels vor der Abreibung eine mehr ebene Oberfläche, so ist er auch im abgeriebenen Zustand fast eben. Stark vorstehende Kanten und Ecken oder Spitzen entgehen häufig einer vollständigen Abrundung und Zurundung. — Besteht der abgeriebene Fels aus einem weichern Mineral als die Gerölle, welche über ihn hinweggeführt wurden, so findet man auf seiner Oberfläche Ritzen, Streifen und Furchen, wovon die meisten in derselben Richtung sich fortziehen, in welcher die Geröll-Ablagerung verbreitet wurde.

Diese Erscheinung der Glättung und Zurundung der Felsen erklärt sich offenbar am naturgemässesten und richtigsten dadurch, dass durch die Gewalt der Strömung fortgerissene Geröllmassen einen starken Druck und eine heftige Reibung auf die Felsunterlage ausübten. Wie die Gerölle selbst sich abrundeten und glätteten durch die Reibung an einander, so wurden auch die Felsen abgerundet und geglättet durch die Reibung der Gerölle auf den Felsen. Je grossartiger daher die Geröll-Ablagerung war und je heftiger die Strömung, welche sie bildete, desto vollkommener findet man auch, unter sonst gleichen Umständen, die Felsen gerundet und geglättet. — Ganz ähnliche Abreibungen der Felsen, wie in den Diluvial-Ablagerungen sieht man sehr häufig in unsern jetzigen, schnell strömenden Flüssen und Bächen, zumal in Gebirgsgegenden; nur sind in den Flüssen und Bächen die Abreibungen der Felsen manchmal minder vollkommen, als in den grössern Diluvial-Ablagerungen, weil die Strömungen der gegenwärtigen Zeit an Heftigkeit und Grossartigkeit jenen der Diluvial-Periode weit nachstehen. — Wir wollen die Abreibung der Felsen durch Strömungen, zum Unterschied von ähnlichen Erscheinungen durch andere Ursachen, W a s s e r - G l ä t t u n g e n nennen.

Die Wasserglättungen können verwechselt werden mit durch Verwittern abgerundeten Felsen, oder mit glatten Ablösungs-Flächen der Gesteine, oder mit Reibungs-Flächen.

Durch V e r w i t t e r n der Gesteine runden sich dieselben häufig zu. Solche verwitterte Felsoberflächen sind aber nie geglättet. Sie fühlen sich ganz rauh und höckerig an, sowohl zu Tag als nach

Wegschaffung der Rasendecke oder der Dammerde. Wasserglättungen dagegen, welche durch Verwittern eine rauhe Oberfläche erhalten haben, zeigen fast immer eine geglättete, da wo der Fels frisch von seiner Decke von Dammerde, Sand oder Geröllen befreit wurde. — Kanten und Ecken verwitterter Felsen zeigen immer nur eine sehr mangelhafte Abrundung, so zwar, dass der Fels nur in einer gewissen Entfernung gut gerundet aussieht, nicht aber bei unmittelbarer Besichtigung. Die Rundhöcker oder Wülste, mit den dazwischen liegenden flachen Vertiefungen, sowie die Ritzen und Streifen fehlen den verwitterten Felsen gänzlich. Die Ablösungs-Flächen schiefriger oder plattenförmiger Gesteine lassen sich sehr leicht von den Wasserglättungen unterscheiden. Glatte Ablösungs- (Ablosungs-) Flächen zeigen sich nämlich nicht bloss an der Oberfläche der Gesteine, sondern gewöhnlich da, wo eine Gesteinsplatte sich von der andern trennt, also auch unter Tag. Nie kommen ferner auf Ablösungs-Flächen die für die Wasserglättungen bezeichnenden Rundhöcker und Wülste mit den dazwischen liegenden flachen Vertiefungen vor. Wenn auf der Ablösungs-Fläche Ritzen und Streifen erscheinen, so stimmen diese in ihrer Beschaffenheit mit jenen der Reibungs-Fläche überein.

Auch die Unterschiede der Reibungs-Flächen oder Rutsch-Flächen, sind so auffallend, dass diese nicht mit Wasserglättungen verwechselt werden können. Die Reibungs-Flächen zeigen sich nämlich so gut an der Erdoberfläche, wie unter Tag und es wird häufig nicht schwer, da wo allenfalls noch ein Zweifel entstehen könnte, an einer frisch entblössten, nie zu Tag gekommenen Stelle der zu untersuchenden Felsen neue, mit den an der Oberfläche befindlichen, ganz übereinstimmenden Reibungs-Flächen zu finden. Diesen Flächen fehlen die so ganz eigenthümlichen Rundhöcker und Wülste der Wasserglättungen. Die Ritzen und Streifen der Reibungs-Flächen sind weit dichter zusammen gedrängt, als die weiter auseinander stehenden der Wasserglättung; sie bilden Streifenbündel, welche plattgedrückten gestreiften Röhren nicht unähnlich sehen. Diese Streifen oder Ritzen der Reibungs-Flächen laufen viel regelmässiger parallel neben einander auf dem Gesteine hin als jene der Wasserglättungen, welche ohne Vergleich häufiger von ihrer Hauptrichtung abweichen und sich sogar durchkreuzen, was sich aus der verschiedenen Bewegung der abreibenden Geröllmassen auf der Felsunterlage leicht erklärt.

Am meisten stimmen die Wasserglättungen überein mit der Abschleifung der Felsen durch den Druck und die Bewegung von Eismassen der Gletscher. Diess ist leicht begreiflich, da die Gesteine in beiden Fällen einem starken Druck und zugleich einer heftigen Reibung ausgesetzt werden. Die Merkmale, welche man bis jetzt zur Unterscheidung von Eisschliffen und Wasserglättungen angegeben hat, entsprechen ihrem Zwecke durchaus nicht und es verdient dieser Gegenstand eine weitere, sorgfältige, vergleichende Untersuchung.

b. Ursprung der Diluvial-Strömungen und Ursachen ihrer Heftigkeit.

Die ganze Ablagerungsweise der Diluvial-Gerölle zeigt, dass dieselben aus dem Innern der Gebirge stammen. — Diess ergibt sich schon aus der mineralogischen Beschaffenheit der verschiedenen Gerölle. Die Gesteine nämlich, aus welchen die Gerölle der tiefern, äussern Thäler und in den Ebenen gebildet sind, finden sich in den Bergen der höhern Thalgegenden, also im Innern des Gebirges anstehend. So enthalten z. B. die Geröll-Ablagerungen der äussern Thäler des Schwarzwaldes und der Rheinebene Gesteine, welche man im Innern des Schwarzwaldes anstehend findet; die Gesteine, aus welchen die grossen Geröll-Massen der äussern Schweiz zusammengesetzt sind, stammen aus dem Innern der Alpen u. s. w. — Die Verbreitung der Gerölle thalabwärts, also der Ursprung der Strömung in den höhern Thalgegenden, geht auch auf das Klarste aus der Thatsache hervor, dass die Gerölle thalabwärts an Grösse abnehmen, dass sie um so kleiner werden, je weiter sie von dem Innern des Gebirges entfernt liegen.

Wenn nun aus den in dem vorigen Abschnitt erwähnten Natur-Erscheinungen ausser Zweifel gesetzt wird, dass die Geröll-Ablagerungen durch die Wirkung von Strömungen gebildet wurden; wenn es aus den eben angeführten Gründen ausser Zweifel ist, dass die Strömung aus dem Innern des Gebirges kam, so fragt es sich: wo waren im Innern der Gebirge die Wasserbehälter, durch deren Entleerung die Strömung hervorgebracht wurde und welche Ursachen brachten die Heftigkeit dieser Strömung hervor?

Die Untersuchungen zur Beantwortung dieser Fragen lehren, dass vor und während der Diluvial-Periode die Gebirge eine ganz andere Gestalt besassen als heutzutage; sie lehren, dass in jener urweltlichen Zeit an verschiedenen Stellen grösserer Gebirge urwelt-

liche, jetzt verschwundene Seen vorhanden waren. Diese Untersuchungen zeigen, dass die grossen Hebungen und Erschütterungen der Gebirge die Zerstörung, die Aufreissung der Becken der urweltlichen Seen und den Durchbruch der Wassermassen bewirkten, während durch die Erschütterungen sich eine ungeheure Menge von Trümmern erzeugte, welche das Material zu der Geröll-Bildung lieferte.

Aus jenen Untersuchungen geht ferner hervor, dass während der Diluvial-Periode in vielen Thälern Fels- und Bergstürze stattfänden, welche das Thal absperrten, den Lauf der Flüsse und Bäche hemmten und dadurch vorübergehende Aufstauungen, grössere oder kleinere Wasser-Ansammlungen veranlassten. Als der Druck der Wasser endlich zu heftig wurde, brachen diese durch, bewirkten bedeutende Verheerungen und oft nicht unbeträchtliche Geröll-Anschwemmungen.

In gewissen Fällen scheint die plötzliche Emporhebung der Gebirge während der Diluvialzeit grosse Bewegungen und Strömungen der urweltlichen Meere veranlasst zu haben, in deren Folge dann ebenfalls, ähnlich wie bei dem Durchbruch von grossen Süsswasser-Behältern, mächtige und ausgedehnte Geröll-Anschwemmungen stattfänden.

Betrachten wir nun die Thatsachen etwas näher, welche für diese Theorie der Geröll-Bildung sprechen.

Geröll-Bildung beim Durchbruch urweltlicher Seen. — Für diesen Ursprung sehr vieler und zum Theil der grossartigsten Geröll-Ablagerungen der Diluvialzeit spricht auf das Entschiedenste eine Reihe von Thatsachen, von welchen die folgenden hier erwähnt werden mögen: Im Innern der Gebirge findet man nicht selten Hochthäler, welche jetzt noch die Gestalt von Seebecken mehr oder weniger deutlich zeigen. Diese Hochthäler haben einen flachen, fast ebenen und verhältnissmässig breiten Thalgrund. Sie steigen nur allmählig an, der Fall der Thalsohle ist sehr schwach. Den flachen Boden dieser Hochthäler findet man ganz mit Sand und Geröllen bedeckt, wie den Grund der jetzt noch existirenden Seen, und diese Gerölle ziehen sich mehr oder weniger hoch an den Thalwänden hinauf, wenn diese nicht zu steil sind, oder überhaupt die örtlichen Verhältnisse dort ihre Ablagerung gestatteten. — Diese ehemals Seebecken enthaltenden Hochthäler endigen sich häufig in enge Schluchten, welche unverkennbar die Merkmale von Thalspal-

ten an sich tragen. — Der Bau dieser Hochthäler gibt zwar allerdings schon gegründete Vermuthung der frühern Gegenwart von grössern Wasser-Ansammlungen in denselben. Um diese Vermuthung aber zur Gewissheit zu erheben, ist es nothwendig nachzuweisen, dass grosse Wasser-Ausbrüche von diesen Thälern ausgegangen sind und dass also an ihrer Ausmündung und in den mit dem Hochthal in näherer Verbindung stehenden Gegenden unzweifelhafte Zeichen heftiger Strömungen wahrgenommen werden.

Dieser Beweis kann nun auf das Deutlichste geführt werden. Theils in diesen Thälern selbst nämlich, theils an der Stelle, wo sehr wahrscheinlich der Seedurchbruch stattfand, trifft man bedeutende Geröll-Massen zusammengehäuft. Diese breiten sich von dort nach allen Richtungen aus. In den Thälern, unterhalb der Durchbruchsstelle und weit thalabwärts, meistens bis zur Ausmündung des Thales und oft noch bis weit in die Ebenen, womit die Thäler in Verbindung stehen, finden sich die ausgedehntesten grossartigsten Geröll-Ablagerungen. Diese bedecken nicht nur den ganzen Thalgrund, sie bilden häufig lange, öfters auch hohe Dämme auf einer oder zu beiden Seiten des Thales, sie ragen ferner in thalabwärts sich verflachenden, thalaufwärts mehr oder weniger steil abfallenden Hügeln über die Thalsohle hervor, welche überdiess nicht selten nach Art eines bald schmalen, bald breiten Kanales, augenscheinlich durch die Wirkung von Strömungen ausgefurcht ist. — Diese Naturerscheinung, das Vorkommen von Seebecken-ähnlichen Hochthälern, mit unzweifelhaften Zeichen heftiger Strömungen, welche aus diesen Hochthälern hervorbrachen, beobachtet man in sehr vielen, wahrscheinlich in allen höhern Gebirgen. Sie zeigen sich z. B. nicht selten im Schwarzwald, in der ganzen Alpenkette, im Schweizer-Jura, in den Vogesen u. s. w.

In manchen Fällen befand sich die urweltliche Wasser-Ansammlung nicht nur in einem einzigen Hochthal; eine ganze Reihe von Thälern, ein ganzes Gebirgssystem bildete vor und während der Diluvial-Periode einen ausgedehnten, geschlossenen Kessel, in welchem sich sehr grossartige Wassermassen ansammeln konnten. Es ergibt sich dieses nicht nur aus dem Bau gewisser Gebirgsmassen, sondern aus der äusserst grossartigen Beschaffenheit der Strömungen, welche von solchen Gebirgs-Gegenden ausgehen.

Was zunächst den Bau solcher Gebirgs-Gegenden betrifft, so zeigt sich, dass es nur der Annahme bedarf, eine oder die andere

Thalöffnung sei vor der Diluvial-Periode geschlossen gewesen, damit die Berge auch ein geschlossenes Becken bilden, welches mit einer sehr bedeutenden Wassermasse angefüllt sein konnte. — Zu dieser Annahme aber berechtigen häufig die entscheidendsten Gründe. Eine geologische Untersuchung der Gegend zeigt nämlich, ganz wie bei den kleinern Seebecken der Hochthäler, dass jene Thalöffnungen unzweifelhaft Thalspalten sind und dass diese Spalten erst durch grosse Hebungen und Erschütterungen während der Diluvial-Periode gebildet wurden.

Ebenso lässt sich der strenge Beweis führen, dass aus diesen grossen Kesseln ganzer Gebirgssysteme, ähnlich wie aus den kleinern der Hochthäler grossartige und äusserst heftige Strömungen hervorbrachen. Die Gegenden nämlich, welche mit solchen grössern Gebirgskesseln in Verbindung stehen, findet man mit ausserordentlich mächtigen Geröllablagerungen bedeckt, die oft viele Tagereisen weit von ihrem Ursprung aus jenen Gebirgskesseln sich ausdehnen und welche theils in der Nähe, theils weit entfernt von ihrem Ursprung bis auf die Höhen beträchtlicher Berge hinauf geschwemmt wurden. Alle diese Thatsachen zusammen genommen: die ausserordentliche Mächtigkeit der Geröllablagerung, die bedeutende Ausdehnung derselben, die Grösse der Gerölle und ihr Vorkommen auf beträchtlichen Höhen zeigen auf das Klarste, dass nur ganz in's Grosse gehende Wasser-Ansammlungen, welche mit der ausserordentlichsten Heftigkeit hervorbrachen, so grossartige Verheerungen bewirken konnten. Es ergibt sich aus diesen Erscheinungen, dass die Gegenwart von kleinern Seebecken der Hochthäler in solchen Fällen die Geröllbildung nicht genügend zu erklären vermöge, sondern dass die Nachweisung von ausgedehnten Wasser-Ansammlungen in grossen Kesseln ganzer Gebirgssysteme zur richtigen Deutung eines so grossartigen Naturereignisses erforderlich sei. — Ein Beispiel mag diese Sache näher erläutern.

Aus dem Rheinthal in Graubündten brach in der Diluvialzeit eine ungeheure Fluth hervor, welche die Ufer des Bodensee's bis weit hinein nach Schwaben und bis auf die höchsten Gipfel der Berge am nördlichen Seeufer mit grossartigen Geröllmassen überschwemmte; eine Fluth, welche sich dann dem jetzigen Laufe des Rheines nach ausbreitete und die ganze Gegend vom Bodensee bis zur Einmündung der Aar in den Rhein mit Geröllen überschüttete, die sich auch in dieser Gegend hoch an den Bergen hinauf, zum

Theil über ihre Rücken hinziehen. Bei der Einmündung der Aar traf diese furchtbare Strömung mit einer zweiten nicht minder grossartigen zusammen, welche aus dem Flussgebiet der Aar stammt und beide, indem sie sich in das grosse Rheinthal ergossen, überdeckten dann dasselbe bis unterhalb Mainz mit Alpengeröllen. — Die höhern Theile des Rheinthals in den Bündtner-Alpen und seine Seitenthäler enthalten mehrere Hochthäler, welche ehemals urweltliche Seen enthielten, die sich durch die Bildung gegenwärtig noch vorhandener Thalspalten entleerten. Der Durchbruch dieser Seen hatte beträchtliche Geröllablagerungen zur Folge, welche sich gegenwärtig noch in dem schweizerischen Rheinthal und seinen Seitenthälern vorfinden. Es ist offenbar, dass diese Seedurchbrüche die vorhin erwähnten, äusserst grossartigen Geröllbildungen, welche aus den Bündtner Alpen stammen, aber ausserhalb derselben am Bodensee und weiter unten am Rhein abgelagert sind, nicht hervorgebracht haben konnten. Eine solche Wirkung würde nicht im Verhältniss mit der Ursache stehen. — Betrachtet man aber den ganzen Bau der Bündtner Alpen näher, so findet sich der Schlüssel zur Erklärung jenes grossartigen Naturereignisses.

Zwischen dem Prätigau und Vorarlberg zieht sich die hohe Gebirgskette des Rhätikon quer auf das Rheinthal zu und wird nur durch dieses Thal, welches dort eng ist, von den ungefähr in der gleichen Richtung mit der Rhätikonkette streichenden Gebirgsketten des Balfries und der Kuhfirsten unterbrochen. Von dieser letztern Kette ist jene des Mürtschenstocks nur durch den Wallenstatter-See getrennt, der seine Entstehung augenscheinlich der Bildung einer Erdspalte verdankt. Alle geognostischen Verhältnisse dieser Alpengegend setzen ausser Zweifel, dass dieselbe erst in der Diluvialperiode äusserst grossartige Hebungen und Erschütterungen erlitten und dadurch eine andere Gestalt erhalten habe. Diese geologischen Ereignisse, in Verbindung mit den Phänomenen der Geröllbildung, berechtigen nun vollkommen zu dem Schlusse, dass durch jene grossen Hebungen und Erschütterungen eine Zerreissung der Gebirge, die Oeffnung von Thalspalten erfolgt sein müsse. Es führen jene geologischen Thatsachen zu dem weitern Schlusse, dass vor Oeffnung dieser Thalspalten das Gebirgssystem des alpinischen Rheinthales einen abgeschlossenen Behälter von ausgedehnten Wassermassen gebildet haben müsse. Die gewaltsame Oeffnung dieses grossen Wasserbehälters an den oben bezeichneten Stellen durch

die ausserordentlichen Hebungen und Erschütterungen der Diluvialzeit erklären nun die ungeheuern Strömungen und Geröllanschwemmungen aus diesem Kessel heraus auf eine mit allen wissenschaftlichen Beobachtungen übereinstimmende und daher vollkommen befriedigende Weise. Durch diese geologischen Untersuchungen wird es nun vollkommen klar, wie eine beim ersten Anblick an's Unglaubliche grenzende Wirkung durch diese Strömungen hervorgebracht werden konnte, wie es möglich war, dass die Fluth die höchsten Berge am Ufer des Bodensee's (welcher vor der Diluvialzeit noch nicht vorhanden war, sondern erst während dieser in Folge der Veränderung der Gestalt des Landes gebildet wurde), ganz mit Geröllen überschüttete und das Rheinthal unterhalb des Bodensee's ebenfalls bis auf die Höhen seiner Berge mit Trümmern bedeckte.

Geröll-Bildung durch vorübergehende Aufstauungen. — Man beobachtet sehr häufig, dass Geröllbildungen da beginnen, wo an engen Stellen der Thäler grosse Trümmerhalden eckiger Blöcke die Abhänge der Berge bedecken und sich von dort bis in den Thalgrund hinunter ziehen. Eine Strecke weit unten an diesen Trümmerhalden zeigen sich die ersten Geröllablagerungen und oben an denselben hören sie gänzlich auf. Es unterliegt daher keinem Zweifel, dass in der Bildung jener Schuttmassen der Schlüssel zur Theorie mancher Geröllablagerungen zu finden sei.

Die Gebirgs-Trümmer, welche häufig in grossartigem Maassstab die Bergabhänge bedecken, lösten sich augenscheinlich nicht alle nach und nach durch Verwittern ab; ein bedeutender Theil dieser Schutthalden wurde plötzlich durch Fels- und Bergstürze gebildet. Es ist bereits mehrfach erwähnt worden und später werden die Beweise hierüber folgen, dass in der Diluvialzeit äusserst grossartige Hebungen und Erschütterungen der Gebirge stattgefunden haben. Zu den Folgen dieser geologischen Ereignisse gehören augenscheinlich auch grosse Fels- und Bergstürze. Wenn wir daher Ablagerungen von Diluvialgeröllen bei solchen Einstürzen beginnen sehen, so ist es klar, welchen Schluss wir hieraus ziehen dürfen. Offenbar haben die durch jene grossen Erschütterungen von den Thalwänden losgetrennten Trümmermassen den Thalgrund erfüllt und einen Querdamm gebildet, welcher die Wasser der obern Thalgegend aufstaute und daher zur Bildung einer nicht selten beträchtlichen Wasser-Ansammlung Veranlassung gab. Der immer

grösser werdende Druck der Wassermasse durchbrach später den Schuttwall, strömte gewaltsam hervor und bewirkte dadurch die Geröll-Anschwemmungen. — In ganz ähnlicher Weise entstehen heutzutage noch ausserordentlich verheerende Ueberschwemmungen in den höhern Gebirgen durch Aufstauungen der Flüsse und Bäche.

Beispiele grösserer oder kleinerer Diluvial-Anschwemmungen, welche durch diese Ursache, durch urweltliche Fels- und Bergstürze entstunden, finden sich häufig im Schwarzwald und gewiss auch in den Alpen.

Durch solche vorübergehende Aufstauungen wurden manchmal, da wo es die örtlichen Verhältnisse gestatteten, bedeutende Wasser-Ansammlungen und daher auch beträchtliche Geröll-Ablagerungen gebildet. Diese stehen jedoch in der Regel jenen weit nach, welche in Folge des Durchbruches urweltlicher Seen entstunden. Häufig auch sind die Geröllbildungen durch vorübergehende Aufstauungen der Wasser von keiner besondern Mächtigkeit und Ausdehnung; sie besitzen daher öfters nur topographisches Interesse.

Geröllbildungen als unmittelbare Folgen von Gebirgs-Hebungen. — Einige Geologen nehmen an, ausgedehnte und mächtige Anschwemmungen von Diluvialgeröllen seien dadurch erfolgt, dass ganze Gebirge plötzlich aus urweltlichen Meeren empor gehoben wurden, wodurch das Meer in die heftigste Bewegung gerieth. — Es unterliegt keinem Zweifel, dass während der Diluvialperiode solche Hebungen im grossartigsten Maassstabe erfolgten und dass ein plötzliches Hervortreten der Gebirge aus dem Meere die heftigsten Strömungen desselben und daher auch die verheerendsten Ueberschwemmungen bewirken musste. Diese Theorie der Geröllbildung ist aber bis jetzt nur im Allgemeinen ausgesprochen, nicht näher auf die Geröll-Ablagerungen einzelner, bestimmter Gegenden angewendet worden. Bevor diess nicht geschehen ist, bevor nicht gezeigt wurde, dass die Entstehung von Diluvial-Ablagerungen gewisser Länder nur auf diese, nicht auf eine andere Weise genügend erklärt zu werden vermag, kann diese Theorie blos auf den Namen einer wahrscheinlichen Hypothese Anspruch machen.

2. Ablagerungen von Sand oder Grus, von Lehm oder Mergel.

Nachdem wir uns nun überzeugt haben, dass die wichtigsten Gebilde der Diluvialperiode, die Geröllablagerungen, Ergebnisse von

Strömungen sind, werden die übrigen Folgen dieser Strömungen jetzt von selbst deutlich werden und daher keiner ausführlichen Beschreibung mehr bedürfen.

Da wo die Diluvial-Strömungen ihr Ende erreichen oder überhaupt da, wo die Strömung nur wenig heftig war, findet man die Gerölle nicht mehr ohne alle Ordnung durcheinander geworfen. Bei solcher verminderter Heftigkeit der Strömung setzten sich die Gerölle nach den Gesetzen der Schwere ab, die grössern zu unterst, die kleinern oben. In solchen Fällen zeigen die Geröll-Ablagerungen auch manchmal mehr oder weniger deutliche Schichtung.

Die Geröllmassen überhaupt trifft man nicht selten mit Sand und Grus gemengt und diese Beimischung wird um so häufiger, je mehr die Strömung an Heftigkeit abnimmt, je mehr sie sich ihrem Ende nähert. Oefters setzte die Strömung, wo sie ihr Ende erreichte, gar keine Gerölle mehr ab, sondern blos Sand. Solche Sand-Anschwemmungen bedecken nicht selten die untersten Theile grosser, breiter Thäler und sie breiten sich von da häufig in die Ebenen aus, welche sie nicht selten auf weite Strecken überziehen. — Bisweilen sind diese Sand-Ablagerungen stellenweise zu wahren Sandsteinen verhärtet, welche dann die Benennung Diluvial-Sandsteine führen.

Andere Gebilde der an Heftigkeit abnehmenden Diluvial-Strömungen sind Ablagerungen von Lehm und Mergeln. Diese wurden durch die Diluvialströme vorzugsweise an einer oder zu beiden Seiten des Ausganges der Thäler, dann in den untern Theilen von langen und breiten Thälern, endlich in Gebirgsbuchten angeschwemmt; wie und warum dieses so geschah, bedarf keiner nähern Erläuterung.

Im Rheinthal von Basel bis unterhalb Mainz, dann in dem Hügelland zwischen Schwarzwald und Odenwald und von hier bis weit in's Württembergische hinein, findet sich als letzte Ablagerung der grossen Diluvialströmung aus den Alpen eine mächtige Anschwemmung eines sandigen, zarten, meist schmutzig hellgelben Mergels, des sog. Löss. — Dieses Gebilde liegt immer über den Diluvialgeröllen und wurde also erst abgesetzt nachdem die grosse Geröllfluth aus den Alpen bereits ihr Ende erreicht hatte und die Wasser der Alpenströmung nicht mehr mit grosser Heftigkeit, sondern weit ruhiger abflossen. Der Löss zieht sich, alle andern Ablagerungen bedeckend, an den Bergen und Hügeln hinauf bis zu

einer Höhe von ungefähr 600′ über der Thalebene. Er bildet einen sehr lockern Boden, der leicht vom Wasser fortgeschwemmt wird. Man trifft daher im Löss sehr häufig tief eingeschnittene Hohlwege und beim Anbau dieses Bodens ist man genöthigt die Felder, Weinberge u. s. w. terrassenförmig anzulegen. — Der Löss schliesst häufig rundliche und vielgestaltige Knauer von hartem, dichtem, mergeligem Kalk ein, die sog. Lössmännchen oder Lösskindchen. Bisweilen zeigen sich mitten zwischen dem Löss kleine Lager von geschichteten, schmutzig hellgelben, mergeligen Kalksteinen.

3. Diluvial-Erze.

Als eine mit den Geröllbildungen der Diluvialperiode gleichzeitige Anschwemmung kommen in verschiedenen Gegenden Ablagerungen metallischer Mineralien vor, welche durch die Wirkung heftiger Strömungen von ihren ursprünglichen Lagerstätten losgetrennt, fortgerissen und an einem geeigneten Orte wieder abgesetzt wurden. Es bedarf kaum der Bemerkung, dass man sie durchaus nicht allgemein verbreitet findet; sie kommen vielmehr nur in gewissen Gegenden vor und zwar so, dass man sie blos als örtliche Gebilde betrachten darf. — Zu diesen Diluvial-Erzen gehören: Anschwemmungen von Eisenerzen, von Zinnstein, von Gold und Platin.

Diluvial-Eisenerze. — Die hieher gehörigen Ablagerungen bestehen grösstentheils aus Bohnerzen, welche in Folge der Zerstörung älterer Lager derselben durch Diluvialfluthen herbeigeschwemmt wurden. — Diese Diluvialbohnerze haben die allgemeinen Merkmale dieser Mineralien, wie dieselben bereits beschrieben wurden. Man unterscheidet diese Eisenerz-Ablagerungen der Diluvialzeit sehr leicht von ähnlichen, ältern Lagern durch folgende Kennzeichen: Die Diluvial-Eisenerze sind gemengt mit Geröllen verschiedener Mineralien, während eine Beimengung von Geröllen nie in den ältern Eisenerz-Ablagerungen vorkommt. Man trifft ferner unter den Diluvialbohnerzen ziemlich häufig Haifischzähne, besonders von Lamna cornubica, dann nicht selten Knochen urweltlicher Säugethiere der Diluvialperiode untermischt mit Tertiärthieren. — Diese Erze liegen meistens unmittelbar an der Oberfläche des Bodens; bisweilen erfüllen sie Klüfte, trichterförmige Vertiefungen zwischen den festen Gesteinen.

Unter den Gegenden, in welchen grössere Ablagerungen solcher Diluvial-Eisenerze vorkommen, verdienen besonders die folgenden herausgehoben zu werden: In Baden die Umgebungen von Mösskirch, Liptingen, Emmingen und Hattingen im Seekreis; die Gegend von Wiesloch und Nussloch im Unterrheinkreis. In Württemberg finden sich solche Erze, ausser den ältern Ablagerungen, an vielen Punkten der rauhen Alb. Eben so kommen sie an vielen Stellen im Schweizer und im französischen Jura vor.

Die Ablagerungen der Diluvial-Eisenerze sind meistens so mächtig und ausgedehnt, dass dieselben technisch zur Ausschmelzung von metallischem Eisen benützt werden.

Diluvial-Zinnerz. — Aehnlich den eben erwähnten Eisenerzen findet man bisweilen Anschwemmungen von Zinnstein, welche in Begleitung von Sand, Lehm und Geröllen von Diluvial-Strömungen, durch Zerstörung der ursprünglichen Lagerstätten jenes Erzes gebildet wurden. Wenn es noch eines Beweises bedürfte, dass diese Ablagerungen durch die Zerstörung von Zinnerzgängen entstunden, so würde dieser schon dadurch geführt werden, dass mit diesen Zinnsteinen auch mehrere Mineralien getroffen werden, welche das Erz auf den Gängen begleiten, namentlich Quarz, Chlorit und Rotheisenstein.

Diluvial-Zinnerze kommen in Deutschland im sächsischen Erzgebirge vor, besonders bei Altenberg, Ehrenfriedersdorf u. s. w.; dann in England in der Grafschaft Cornwall. Ausser Europa finden sie sich in Ostindien, Mexico und Chili.

Die Diluvial-Zinnsteine geben überall zu einem mehr oder weniger ausgedehnten Bergbau, in den sog. Zinnseifenwerken, Anlass.

Diluvial-Gold. — Ebenfalls in Folge von Diluvial-Strömungen, wie Eisenerze und Zinnstein, wurde bisweilen metallisches Gold von seinen Lagerstätten fortgerissen und gemengt mit andern Diluvialgebilden wieder abgesetzt. Besonders häufig findet es sich gemengt mit Sand und Geröllen, seltener blos mit Lehm. Gewöhnlich trifft man das Gold in diesen Diluvialgebilden in Blättchen und Körnern, ausnahmsweise jedoch auch in grössern Bruchstücken bis in Klumpen von mehreren Pfund. So fand sich am Ural in Russland im Jahr 1826 ein Klumpen von mehr als 20 und im Jahr 1842 ein solcher von 72 Pfund.

In Europa findet sich das Diluvialgold vorzüglich in den Sand- und Geröllablagerungen mehrerer Flüsse und Bäche. Diese führen heutzutage nur noch äusserst unbedeutende Mengen von Gold herbei. Das meiste gelangt dadurch in die Flüsse, dass von diesen die Diluvialablagerungen, welche die Flussufer bilden, zerstört werden. Die Strömung reisst das Gold mit den übrigen Diluvialgebilden fort, und setzt es an einer geeigneten Stelle wieder ab. Dass wirklich das Gold schon in ältern Ablagerungen vorhanden ist ergibt sich daraus: dass man es auch entfernt von den Flussufern in den Diluvialanschwemmungen findet; dass es am Ufer selbst, wo dieses entblöst wurde, zwischen den ältern Anschwemmungen liegt, und dass es in dem Sande und in den Geröllen der Flüsse besonders dann gefunden wird, wenn diese ihre Ufer zerstört und dadurch solche Diluvialgebilde neu angeschwemmt haben. — Diluvial-Gold kommt vorzüglich im Rhein vor, im Inn, im Lech, in der Isar, in der Aar, Emme, in der Ariège, im Tajo u. s. w. Es ist bekannt, dass diese Flüsse nur eine sehr geringe Goldausbeute liefern. — In weit beträchtlicherer Menge findet sich das Diluvial-Gold ausserhalb Europa, und einige aussereuropäische Länder sind in ihren Diluvialablagerungen bekanntlich reich an diesem edlen Metall. So kommt namentlich Diluvial-Gold in verhältnissmässig beträchtlicher Menge in verschiedenen Gegenden von Afrika vor; eben so in Asien, namentlich in Indien, in Tibet, China und besonders am Ural; dann in Amerika und zwar in Carolina, in Georgien, in Californien, in Mexiko, in Columbien, Peru, Chili, Bolivia und besonders in Brasilien; endlich in Australien, namentlich in den Colonien Neu-Südwales und Victoria (Port Philipp) im Stromgebiet des Murray.

Diluvial-Platin. — Unter ganz ähnlichen Verhältnissen wie das Gold findet sich auch das Platin in ältern Schuttablagerungen, gemengt mit Sand und Geröllen. Das Platin liegt zwischen diesen Anschwemmungen, theils in kleinen Blättchen und Körnern, theils ausnahmsweise auch in grössern Stücken, selbst bis zu mehreren Pfunden.

Die Hauptlagerstätten des Platins befinden sich in Südamerika, namentlich in Columbien und Brasilien; dann am Ural in Russland. Unbedeutende Vorkommnisse sind auf St. Domingo, auf Borneo, und nach Döbereiner zu Spuren im Goldsand des Rheines.

(Ausser den genannten Erzen findet man bisweilen Diluvialgebilden noch manche andere metallische Mineralien beigemengt.

Diese kommen aber dort rein zufällig vor, und in so kleiner Menge dass sie nicht zu einer bergmännischen Gewinnung Anlass geben. Sie verdienen daher hier nicht näher erwähnt zu werden *.)

Wanderblöcke.

(Irrblöcke. Erratische Blöcke. Zerstreute oder Findlingsblöcke.)

In mehreren Ländern findet man, theils frei auf der Erdoberfläche liegend, theils und am häufigsten von Diluvialgeröllen begleitet und von diesen eingehüllt, grosse Blöcke dem Boden fremd, auf welchem sie vorkommen, so z. B. Blöcke plutonischer Felsarten auf neptunischen Gesteinen. — Durch diese von dem Gebirge, auf dem sie liegen, ganz verschiedene mineralogische Beschaffenheit der Blöcke unterscheidet man diese Naturerscheinung sogleich von den Felsenmeeren der Granitberge.

Die Grösse dieser Blöcke ist sehr verschieden. Häufig beträgt sie 2—3′ im grössten Durchmesser; nicht selten kommen Blöcke von 4—6′ vor, manchmal solche von 8—12′ und ausnahmsweise erreichen sie einen Durchmesser von 20′ und darüber, sie bilden also dann ganze kleine Felsen. — Die Blöcke sind theils abgerundet, theils eckig. — Ihr Gestein hat eine sehr verschiedenartige mineralogische Beschaffenheit. Am häufigsten jedoch kommen unter diesen Wanderblöcken plutonische Gebirgsarten vor, und von solchen wieder am häufigsten Granite.

Die Blöcke liegen oft meilenweit, ja nicht selten viele Tagereisen weit von dem Orte ihres Ursprungs, d. h. von der Gegend, wo das Gestein der Blöcke im Gebirge ansteht. — Wenn auch diese grossen Trümmer am häufigsten unmittelbar auf der Erdoberfläche oder nur in geringer Tiefe liegen, so trifft man sie doch auch manchmal in beträchtlichen Tiefen umgeben von Geröllen, Sand und andern Diluvial-Gebilden.

Vorkommen der Wanderblöcke. — Die grossartige Erscheinung des Vorkommens solcher zerstreuter Blöcke zeigt sich in sehr vielen Ländern. Man beobachtet sie namentlich in der Schweiz. Die dortigen Wanderblöcke stammen aus den Alpen, und finden sich im Alpengebirge selbst, auf zahlreichen Bergen der Voralpen, in der ganzen niedern Schweiz zwischen Alpen und Jura,

*. Die Diamanten finden sich fast ausschliesslich im Sande der Flüsse und Bäche, überhaupt im Schuttland. Ob diese Diamant führenden Ablagerungen zu den Diluvialgebilden gehören, oder nicht viel mehr zu den neuern Anschwemmungen, verdient näher untersucht zu werden.

dann am Südabhang des Jura, also auf der den Alpen zugekehrten Seite desselben, in allen diesen Gegenden manchmal in ausserordentlicher Menge. Die Blöcke ziehen sich in der Schweiz an den Gebirgen hinauf, bis zu einer Höhe von 3000—4000′ und liegen daher noch sehr hoch oben auf den Voralpen und im Jura bis auf die Rücken vieler Berge, ja sie gehen über diese hinweg in die innern Jurathäler. Die Wanderblöcke auf den Molasse-, Kreide- und Jura-Bergen der Schweiz bestehen bei weitem zum grössten Theil aus plutonischem Gesteine, die meisten aus Granit oder Gneiss. Viele erreichen eine erstaunliche Grösse. — Weitere mehr oder weniger grossartige Ablagerungen solcher Blöcke, welche ebenfalls aus den Alpen stammen, zeigen sich in Frankreich, besonders im Rhonethal und seinen Umgebungen, dann im nördlichen Italien, zumal in der lombardischen Ebene und am Fusse der Apenninen. — In Norddeutschland zeigt sich das Phänomen der Wanderblöcke in nicht minder auffallender Weise. Die ganze norddeutsche Ebene ist mit solchen Blöcken übersäet und sie ziehen sich dort von den Küsten der Ostsee bis an das sächsische Erzgebirge, bis an das Hügelland zwischen Erzgebirge und Harz und bis an den Harz und die Wesergebirge. Die norddeutschen Wanderblöcke bestehen zum grössten Theil aus plutonischen Gesteinen, dann aus Felsarten des Uebergangs-Gebirges. Sie stammen aus Schweden und Norwegen. — Aehnliche Ablagerungen von Blöcken skandinavischen Ursprungs, welche also ungefähr gleichzeitig mit jenen in Norddeutschland verbreitet worden zu sein scheinen, finden sich in Dänemark, in England, dann und besonders häufig in Russland, endlich in Skandinavien selbst.

Theorie der Verbreitung der Wanderblöcke.

1. Die Strömungs-Theorie.

Alle Erscheinungen, welche dieses Naturereigniss darbietet, zeigen, dass die Ablagerung der grossen Blöcke im Zusammenhange mit der Anschwemmung der Diluvialgerölle stattfand. So zeigen sich in der Schweiz die Blöcke in den Bezirken der grossen Diluvial-Strömungen aus dem Rheinthal in Bündten, aus den Thälern der Aar, Reuss, Rhone u. s. w. und überall liegen sie in besonders grosser Menge gegenüber den Ausmündungen dieser Thäler. Ebenso folgen die Blöcke in Schweden und Norwegen immer der grossen Diluvial-Strömung, dem Zuge der Geröllmassen und der Strom-

wälle (Aesar). — Häufig sind die Blöcke ganz von Geröllen eingehüllt, sie liegen mitten in den Geröll-Ablagerungen; so in der Schweiz, so an den Ufern des Bodensee's, so in Frankreich im Rhonethal u. s. w. — In Dänemark finden sich grosse Wanderblöcke noch in einer Tiefe von mehreren hundert Fuss und ganz umhüllt von Diluvialgeröllen. — Da wo die Blöcke frei liegen, trifft man immer Geröll-Anschwemmungen in ihrer Nähe und solche freiliegende Blöcke befinden sich gewöhnlich an einem Abhang, von welchem die Heftigkeit der Strömung die kleinern Gerölle wieder fortriss, während sie den grossen Block nicht mehr entfernen konnte. — Die für die bedeutenden Geröll-Ablagerungen so bezeichnende Erscheinung der Wasser-Glättungen, zeigt sich immer auch da, wo das Phänomen der Wanderblöcke beobachtet wird.

Die Zerstreuung der Wanderblöcke ist also entschieden ein Phänomen, das mit den grossen Diluvial-Strömungen in Verbindung steht und diese Thatsache wird uns den Schlüssel zur Erklärung des merkwürdigen Natur-Ereignisses geben.

In den Alpen und in Skandinavien fanden noch während der jüngsten Tertiärzeit ganz ungeheure Hebungen und Zertrümmerungen der Gebirge statt, daher beobachtet man auch dort die fürchterlichsten Wirkungen der Diluvial-Strömungen. In den Alpen erfolgten durch jene grossen Naturereignisse Entleerungen ausgedehnter Wasserbehälter unter den heftigsten Erschütterungen und unter Hebungen, Senkungen und Zerreissungen der Gebirge, wodurch die ganze Gestalt des Landes verändert wurde. Ein grosser Theil der Thäler ward durch diese Katastrophen erst neu gebildet, ein anderer Theil erhielt damals erst seine jetzige Gestalt. Die gegenwärtig vorhandenen Gebirgsseen existirten damals noch nicht und bildeten sich erst während der Diluvialperiode in Folge der Entstehung neuer tiefer Thalspalten oder in Folge von Hebungen des Bodens oder auch von Bildung neuer grosser Stromwälle. Die äussere niedere Schweiz war zu jener Zeit, bis zur und während der Diluvialperiode noch mit Wasser bedeckt.

Durch die erwähnten äusserst grossartigen geologischen Ereignisse werden jetzt die fürchterlichen Wirkungen der Diluvial-Strömungen vollkommen erklärlich und nicht mehr auffallend, während sie beim ersten Blick fast abentheuerlich erscheinen. — Die urweltlichen Gewässer, welche von den höhern Theilen der Alpen sich in die tiefern Gegenden ergossen, strömten unter sehr starkem

Falle, also auch mit der grössten Heftigkeit. Ein Fluss, dessen Neigung 0,1′—0,2′ beträgt, läuft schon sehr schnell, und eine Neigung von 0,3′ ist die Grenze schiffbarer Flüsse. Nun berechnet Elie de Beaumont nach dem Vorkommen der Geröll-Ablagerungen und der Wasser-Glättungen in den Hochthälern der Alpen und am Jura, dass der Fall der Diluvial-Strömung in dieser Gegend 0,4′—0,5′ betragen haben musste. Diese Strömung war also weit heftiger als die des wildesten Bergstromes. Rechnen wir hiezu die ungeheure Masse und die bedeutende Höhe der Wasserfluth, so werden wir ein Bild über die fürchterliche Wirkung derselben erhalten und die Folgen der urweltlichen Strömung, welche wir vor uns sehen, so erstaunlich dieselben auch sind, ganz im Einklange mit ihren Ursachen finden.

Wenn je noch ein Zweifel darüber bleiben könnte, dass die Wanderblöcke durch die grosse Geröllfluth herbeigeführt wurden, so müsste dieser durch die unbestreitbare Thatsache verschwinden, dass man dieselben öfters in beträchtlicher Tiefe ganz von Geröllen umhüllt antrifft. Diess ist insbesondere der Fall in manchen Gegenden der äussern Schweiz, an den nördlichen Ufern des Bodensees und in Frankreich im Rhonethal. Es zeigt sich diese wichtige Erscheinung ferner, wie wir oben gehört haben, in Dänemark, wo die Wanderblöcke mehrere hundert Fuss tief in den Diluvial-Anschwemmungen liegen.

Eine andere, nicht minder beachtenswerthe Thatsache, welche sehr entscheidend für die Herbeiführung der Wanderblöcke durch grossartige Strömungen spricht, ist das Vorkommen solcher Blöcke in neptunischen Ablagerungen der Kreide-Periode. An den Abhängen des Bolgen im westlichen Hintergrund des Thales von Sonthofen in Südbaiern liegen, nach den Beobachtungen von Studer und A. Escher, mitten in Conglomeraten, welche der jüngern Kreide angehören, zum Theil klaftergrosse Gneissblöcke und dieselben Blöcke, ganz aus dem nämlichen Gestein, trifft man auch frei auf der Oberfläche dieses Kreideberges herumliegen und diese erreichen die ausserordentliche Grösse bis zu 20000 und mehr Kubikfuss Inhalt. Eine ganz ähnliche Erscheinung zeigt sich ferner in der Schweiz im Habkeren-Thal. Dort schliessen ebenfalls Kreide-Conglomerate und Kreide-Sandsteine grosse Wanderblöcke aus Granit ein, welcher sogar den jetzigen Alpen fremd ist und an der Oberfläche dieser Kreidegebilde liegt eine Menge solcher Granit-

blöcke umher, wovon mehrere bis 30′ im Durchmesser halten und einer sogar die ungeheuere Grösse von einer halben Million Kubikfuss Körperinhalt zeigt. Dieser übertrifft nach jenen Beobachtern die grössten Wanderblöcke der Diluvialzeit in der Schweiz, jene von Monthey und Steinhof, beinahe um das Zehnfache. Dieselbe Erscheinung wiederholt sich endlich in der Niessenkette oberhalb Sepey in der Schweiz. Auch hier liegen klaftergrosse und grössere Wanderblöcke mitten in Kreide-Conglomeraten eingeschlossen.

Diese merkwürdigen Erscheinungen zeigen auf das Unzweideutigste, dass die erwähnten Blöcke durch äusserst grossartige Strömungen herbeigeführt wurden. Wollte man daran zweifeln, so müsste man auch in Zweifel ziehen, dass die Kreide-Conglomerate, dass überhaupt die Conglomerate des neptunischen Gebirges nicht durch die Wirkung des Wassers gebildet wurden und ein solcher Zweifel kommt wohl keinem Geologen in den Sinn. — Wir wissen bereits, dass kurz nach der Kreide-Periode sehr grossartige Hebungen und Erschütterungen stattgefunden haben. Diese, so wie die spätern noch grossartigern der Diluvialzeit, haben die ganze Gestalt des Alpengebirges verändert. Dadurch wird es jetzt nicht mehr möglich den Lauf der grossen Strömung genau anzugeben, welche die Blöcke und die sie begleitenden Geröllmassen herbeiführten; ja in dem einen der erwähnten Fälle, bei den Blöcken im Habkeren-Thal, kennt man nicht einmal mehr die ursprüngliche Lagerstätte derselben, vielleicht weil die Granitberge, woher die Blöcke stammen, durch die grossen Katastrophen der Diluvialzeit eingesunken sind. — Die ungeheuern Strömungen, welchen diese Wanderblöcke der Kreide-Periode ihr Dasein verdanken, entstunden also auch wie jene der Diluvialzeit durch grosse Hebungen, Erschütterungen und Zertrümmerungen der Gebirge, in deren Folge sich entweder grosse Wasserbehälter entleerten, oder die Kreidemeere in die heftigste Bewegung geriethen.

So wie in den Alpen die grossartigsten Hebungen erst während der Diluvialzeit erfolgten, so traten dieselben Naturereignisse in Skandinavien, im Kiölengebirge, erst während des nämlichen geologischen Zeitraumes ein. Die meisten Berge und Thäler dieses Gebirges besassen vor dieser Periode noch nicht ihre jetzige Gestalt. Und durch jene furchtbaren Katastrophen in den skandinavischen Alpen wurde auch die ganze äussere Beschaffenheit des Landes im weitern Umkreis um diese Gebirge verändert. Die Kluft

der Ostsee war ohne Zweifel damals noch nicht vorhanden und Norddeutschland, ein grosser Theil von Russland, von Dänemark und England noch mit Wasser bedeckt. Nun traten die ungeheuern Hebungen ein, die gewaltsame Oeffnung früher vorhandener grosser Wasserbehälter, die heftigen Bewegungen der Meere und dadurch die Sturmfluth, welche die mächtigen Geröllablagerungen und die Wanderblöcke jener Gegenden herbeiführte. Bringt man in dieser Weise die grossartigen Diluvialerscheinungen des Nordens von Europa in Zusammenhang mit den ungeheuern geologischen Katastrophen jener Zeit, so bleiben die fürchterlichen Wirkungen dieser Fluthen nicht mehr räthselhaft.

Die erwähnte Theorie über die Zerstreuung der alpinischen und skandinavischen Wanderblöcke gibt den Schlüssel zur Erklärung ähnlicher Erscheinungen in andern Gegenden. Wenn man aber auch in dieser Weise das merkwürdige Phänomen im Allgemeinen zu deuten vermag, so erfordert das Vorkommen der Wanderblöcke in bestimmten Gegenden noch genauere in's Einzelne eingehende Untersuchungen zur Erklärung ihrer Verbreitung. Es wird dann nothwendig die geologische Beschaffenheit des Landes, die Hebungen, Senkungen, Zertrümmerungen, überhaupt die natürlichen Veränderungen zu studiren, welche dasselbe noch in den jüngsten geologischen Perioden erlitten hat; die frühern grossen Wasserbehälter zu ermitteln und die Art ihrer Zerstörung, den Lauf der Diluvial-Strömungen anzugeben u. s. w.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass die Herbeiführung der Diluvialgerölle und der Wanderblöcke **nicht durch eine einzige grosse Strömung** geschehen seie. Alle Thatsachen sprechen vielmehr dafür, dass während der Diluvialperiode mehrfach wiederholte Hebungen und Zertrümmerungen der Gebirge und dadurch auch mehrfach wiederholte Strömungen erfolgten. Insbesondere lassen sich in mehreren Gegenden, namentlich in den Alpen, **zwei verschiedene Diluvial-Katastrophen** unterscheiden. Die **erste** oder älteste, weit weniger grossartige, brachte Geröllablagerungen hervor, welche unter einer nicht besonders heftigen Strömung gebildet wurden und die man daher öfters geschichtet findet. Erst nachdem diese Strömung beendigt war und vielleicht erst lange Zeit nach derselben, trat eine **zweite** und weit fürchterlichere Katastrophe ein, durch welche die grossen, wild und ordnungslos durcheinander geworfenen Geröllmassen und die Wanderblöcke verbreitet wurden.

Auch geologische Beobachtungen und die petrographischen Verhältnisse der Gerölle selbst liefern den Beweis, dass man mehrere, wenigstens zwei Diluvialströmungen, eine ältere und eine jüngere, unterscheiden müsse. So findet man, um nur ein Beispiel zu geben, auf den Hochebenen des Schweizer-Jura, auf den Bergen zwischen dem Bodensee und Schwarzwald und auf manchen neptunischen Bergen und Hügeln des Breisgaues Geröllablagerungen auf Höhen, welche die grosse Hauptströmung aus den Alpen nicht erreichte. Die Gerölle dieser Höhen wurden augenscheinlich dislocirt, mit den Bergen emporgehoben, ehe die grosse Geröllfluth hervorbrach, also in einer ältern Diluvialperiode. Sie bestehen auch aus ganz andern Gesteinen als jene der alpinischen Hauptströmung; es sind nämlich neptunische Gesteine, Felsarten der Trias- und Juragebilde, während die Geröllmassen der jüngern grossen Alpenströmung zahllose plutonische Felsarten und sonst sehr mannigfaltige Gesteine enthalten.

Nach den bisherigen Erörterungen sprechen alle Thatsachen auf das Entschiedenste dafür, dass die Wanderblöcke gleichzeitig mit der grossen jüngern Diluvialfluth herbeigeführt wurden. Indessen ist es doch auch denkbar, dass ein Theil dieser Blöcke nicht unmittelbar durch die Geröllströmung fortgeschafft wurde, sondern in folgender Weise an die jetzigen Fundorte gelangte. — Die Nordseefahrer haben wiederholt die Beobachtung gemacht, dass grosse E i s m a s s e n mit G e s t e i n s b l ö c k e n beladen auf dem Meere fortgetrieben werden und so aus den kalten bis in die gemässigten Zonen gelangen. Aehnliches wurde auch in Russland an den Küsten der Ostsee beobachtet. Dort kommen bisweilen schwimmende mit Blöcken beladene Eismassen an, welche an jenen Küsten stranden und dort die Blöcke absetzen.

Wir wissen, dass vor der Diluvialperiode und zum Theil noch während derselben ein grosser Theil der Schweiz, ein grosser Theil von Deutschland, Russland u. s. w. noch mit Wasser bedeckt war. Wenn nun, wie diess sehr wahrscheinlich ist, die höchsten Theile der Alpen und des Kiölengebirges schon in jener Zeit grössere Eismassen enthielten; so mussten während den grossen Hebungen und Erschütterungen der Diluvialperiode diese Eismassen mit Blöcken bedeckt und von den festen Gesteinen losgetrennt werden. Kamen nun solche losgetrennte Eismassen in die Diluvialwasser, so schwammen sie auf denselben weiter, trugen also die Blöcke in entferntere Gegenden und setzten sie beim Schmelzen des Eises ab. — Es ist

nicht unwahrscheinlich, dass viele Wanderblöcke auf diese Weise an ihre jetzige Lagerstätten gelangten. Wenn diess aber auch der Fall war, so spielte diese Art der Fortschaffung der Blöcke gewiss nur eine untergeordnete Rolle. Alle Erscheinungen machen es vollkommen klar, dass die Hauptmasse dieser Trümmer gleichzeitig mit der grossen Geröllfluth der jüngsten Diluvialperiode und durch dieselbe herbeigeführt wurde.

2. Die Eis-Theorie.

Wenn wir auch aus den bisherigen Erläuterungen entnommen haben, dass die Strömungstheorie in ihrer neuern Auffassung mit allen zuverlässigen Beobachtungen und daher mit dem jetzigen Stande der Wissenschaft in vollkommenem Einklange steht; so verdient doch noch eine zweite Erklärungsweise über die Fortschaffung der Wanderblöcke, welche in der neuern Zeit versucht wurde, eine kurze Erwähnung. Diese zweite Theorie darf schon desshalb nicht übergangen werden, weil sie in den letzten Jahren vielfach besprochen wurde und weil sie sich auf neue Untersuchungen stützt, welche mit lobenswerthem wissenschaftlichem Eifer unternommen wurden. Diese Theorie wurde von Venetz, Charpentier und Agassiz begründet und besonders von dem letztern in grösserer Ausdehnung entwickelt.

Die nun zu besprechende Theorie der Fortführung der Wanderblöcke stellt die Behauptung auf: in der jüngsten Tertiärzeit haben sich ungeheuere Eismassen von den höchsten Gebirgen über die ganze gemässigte Zone ausgebreitet. So namentlich von den höchsten Punkten der Alpen über die ganze äussere Schweiz und bis über die höhern Rücken des Juragebirges hinüber; dann über den Bodensee hin bis weit hinein nach Schwaben; ferner in Frankreich über den grössten Theil des Rhonebeckens; in Italien über die ganze lombardische Ebene und bis zum Abhang der Apenninen. So sollen sich diese ungeheuern Eismassen ausgedehnt haben von den skandinavischen Gebirgen bis weit hinein nach Russland, Norddeutschland, Dänemark, Holland und England. — Diese Theorie nimmt also an, dass während oder kurz nach der Diluvialperiode eine ausserordentliche Kälte in unsern jetzt gemässigten Klimaten geherrscht habe, dass damals eine »Eiszeit« gewesen sei. — Die Felstrümmer der höhern Gebirge stürzten nun auf die Eismassen und diese bewegten sich vorwärts, nach den tiefer gelegenen

Gegenden, wie das Eis der jetzigen Gletscher. Die Gesteinstrümmer wurden daher bei dem Fortrücken, bei der Ausbreitung der Eismassen auf dem Eise mit fortgeschoben und kamen dadurch nach und nach an die verschiedenen Stellen, wo man jetzt die Wanderblöcke findet. — Diese Erklärungsweise führt daher mit Recht den Namen der Eis- oder Gletschertheorie.

Betrachten wir nun die Gründe, welche für und jene, welche gegen diese Hypothese sprechen.

Unter den Gründen, welche **für** die Eistheorie angeführt werden, sind die folgenden die beachtenswerthesten:

a. Ueberall wo Wanderblöcke vorkommen, findet man die Felsen zugerundet, abgeschliffen, gestreift und geritzt. Ganz dieselbe Wirkung auf die Felsunterlage bringt das Eis der jetzigen Gletscher hervor. Unter den Gletschern sowohl, als in ihren nächsten Umgebungen sieht man die vorstehenden Ecken und Kanten der Felsen abgerieben, die Felsen gerundet, dabei überdiess geglättet, oft blank polirt, dann mit feinen Ritzen und mit grössern Furchen versehen, welche auf dem Gestein in derselben Richtung fortlaufen, in der sich auch der Gletscher bewegt. Wenn man nun ganz dieselben, oder ganz ähnliche Erscheinungen in grossen Entfernungen von den jetzigen Gletschern, überhaupt da wahrnimmt, wo die Wanderblöcke liegen, so muss man hieraus den Schluss ziehen, dass überall, wo jetzt noch solche abgeriebene Felsen vorkommen, wo sich sogenannte »**Eisschliffe**« zeigen, in der Urzeit Gletscher gewesen seien. Die ganz ungeheure Ausdehnung, welche diese Gletscher nach der Entfernung der sogenannten Eisschliffe von der jetzigen Gletschergrenze gehabt haben müssen, darf vor der Annahme so riesenmässiger Eismassen nicht zurückschrecken. Die Eisschliffe sind der Beweis ihres frühern Vorhandenseyns.

b. An den Rändern der jetzigen Gletscher findet man Wälle von Gesteinstrümmern aufgehäuft, die **Gletscher-Wälle** oder **Gandecken** (Moränen). Nun findet man aber ganz unzweifelhafte alte Gandecken, mit allen bezeichnenden Merkmalen derselben, in der Entfernung von einer bis zu mehreren Stunden von der jetzigen Gletschergrenze. Daraus geht unzweifelhaft hervor, dass die Gletscher in alter Zeit eine weit grössere Ausdehnung besassen als gegenwärtig. — Wenn man auch in grössern Entfernungen keine deutlichen Gletscherwälle mit Bestimmtheit mehr nachweisen kann, so rührt diess daher, dass die Fortschiebung der Gesteinstrümmer

durch die urweltlichen Gletscher bei ihrer grossen Ausbreitung in den Ebenen auf eine andere Weise erfolgte als in den geschlossenen Thälern.

Diese Gründe für die Eistheorie werden durch ganz entscheidende Gegengründe entkräftet, von welchen die folgenden hervorgehoben werden mögen:

a. Die Abschleifung der Felsen in den Umgebungen der Wanderblöcke beweist nicht, dass diese durch die Wirkung des Eises geschah. Die zugerundeten und polirten Felsen darf man mit eben so viel oder noch mit mehr Recht für Wasser-Glättungen ansehen, als für Eisschliffe. — Wir haben bereits gehört, dass überall, wo sich Wanderblöcke zeigen, auch ausgedehnte und mächtige Geröllablagerungen vorkommen, und wir wissen, dass der Druck bedeutender Geröllmassen, welche unter heftiger Strömung fortgerissen wurden, die Felsen abrundet und glättet und unter gewissen Umständen auch ritzt und streift. — Es ist ein Grundfehler der Eistheorie, dass sie auf diese wichtige ausser allen Zweifel gesetzte Thatsache nicht die gehörige Rücksicht nahm und ohne weitere Untersuchung abgerundete und polirte Felsen für Eisschliffe erklärte.

b. In den meisten Gegenden, wo Wanderblöcke vorkommen, findet man keine Gletscherwälle. Diese zeigen sich höchstens, eine bis zu ein paar Stunden von der jetzigen Gletschergrenze in den Thälern, während die Wanderblöcke sich noch weit hin in die Ebenen ausbreiten. — In den Ebenen aber sind die Blöcke ganz unregelmässig nach allen Richtungen hin über das Land ausgestreut, nicht in Gestalt von Wällen zusammengehäuft. Diess zeigt sich namentlich, nach Murchison, in der auffallendsten Weise in den Ebenen von Russland. Im Schwarzwald sieht man sogar an den Abhängen und auf den Rücken der Berge kleinere Gerölle und grössere Blöcke nach allen Richtungen ordnungslos zerstreut, während sie sich hier leicht hätten zu Wällen ansammeln können, wenn sie durch Gletscher verbreitet worden wären. — Die Behauptung, dass die Wanderblöcke in den Ebenen desshalb keine Gandecken bilden, weil sie dort durch die Gletscher in anderer Weise fortgeschoben wurden als in den Thälern, ist eine blose Annahme, die nicht auf streng begründeten Beobachtungen beruht. — Das Vorkommen von unzweifelhaften Gandecken, in der Entfernung von einer bis zu ein paar Stunden von den jetzigen Gletschern, beweist also nur, dass die Gletscher in älterer Zeit eine grössere Ausdehnung besassen

als gegenwärtig, was sich durch örtliche und vorübergehende klimatische Verhältnisse ganz befriedigend erklären lässt. Es berechtigt aber diese Thatsache durchaus nicht zu dem Schlusse auf eine ganz ungeheuere Ausdehnung der Gletscher und auf eine frühere Eiszeit.

c. Hätten ungeheuere Eismassen in der jüngsten Tertiärzeit einen grossen Theil der gemässigten Zone bedeckt, so müsste man ihre Spuren nicht nur in den höhern Bergen und Thälern auffinden, sondern auch in den tiefern Gebirgsgegenden. Diess ist aber nicht der Fall, namentlich im Schwarzwald. Wollte man die Diluvialablagerungen dieses Gebirges der Wirkung von urweltlichen Gletschern zuschreiben, so würde man zu dem Schlusse gelangen, dass ein grosser Theil des Schwarzwaldes bis zu seinen höchsten Bergen hinauf mit ungeheuern Eismassen bedeckt gewesen sey und dass diese sehr viele, namentlich die höchsten Thäler bis auf die Rücken und Gipfel ihrer Berge vollständig mit Eis ausgefüllt haben. Solche riesenmässige Gletscher hätten sich unzweifelhaft auch nach den tiefern Thalgegenden ausgebreitet und dort die Spuren ihrer Gegenwart zurückgelassen. In den tiefern Thälern des Schwarzwaldgebirges aber zeigen sich durchaus keine Phänomene, die man auch bei der flüchtigsten Beobachtung für Gletscher-Wirkung erklären könnte; ja es fehlen selbst in vielen Thälern, die von den höchsten Bergen des Schwarzwaldes ausgehen, alle Zeichen der Gegenwart früherer Gletscher gänzlich. Wenn aber das Schwarzwaldgebirge wirklich mit den mächtigsten urweltlichen Gletschern bedeckt war, so müssten diese gewiss auch und zuerst in solchen mit den höchsten Bergen zusammenhängenden Thälern aufgetreten seyn.

d. Nach den Beobachtungen von Elie de Beaumont bewegt sich ein Gletscher nur auf einer Fläche, deren Neigung wenigstens 3° beträgt. Bestimmt man nun die Neigung, welche die ungeheuern Eismassen besassen, die sich von den Alpen bis zum Jura ausgebreitet haben sollen, nach der Höhe der abgeriebenen Felsen in den Alpen und der Höhe der Stellen, wo noch Wanderblöcke auf dem Jura liegen, so wäre die Neigung der Eismassen von einem Punkte in den Alpen bis zum andern im Jura, nach Elie de Beaumont, im Mittel nur 0,15°—0,20°. Bei einer so geringen Neigung aber ist keine Bewegung der Eismassen mehr möglich und es kann daher die Fortschaffung der Wanderblöcke durch die Fortbewegung des Eises von den Alpen bis zum Jura nicht stattgefunden haben.

e. Gegen die Annahme, dass in der jüngsten Tertiärzeit sich

so ungeheuere Eismassen gebildet haben, spricht ferner sehr entscheidend das Klima dieser geologischen Periode. Weit entfernt, dass dasselbe mit jenem der Polarländer übereinstimmte, näherte es sich vielmehr jenem des südlichen Europas und überhaupt der gemässigten Zone. Diess geht auf das Deutlichste aus den organischen Resten der Diluvialablagerungen, also der jüngsten Tertiärgebilde hervor. — So findet man in den Subapenningebilden, welche entweder der Diluvialzeit ganz nahe stehen, oder mit derselben zusammenfallen, grösstentheils Conchylien der südeuropäischen Meere. Die Diluvialablagerungen Dänemarks, in welchen Wanderblöcke auftreten, enthalten Zwischenlager von Meeresabsätzen und die Versteinerungen derselben stimmen, nach Forchhammer, im Wesentlichen mit jenen der Subapenningebilde überein. — Im Löss des Rheinthales, der letzten Diluvialanschwemmung und welche entweder gleichzeitig mit der Ablagerung der Blöcke, oder z. Th. kurz nach derselben erfolgte, finden sich Conchylien, welche, nach A. Braun, alle entweder mit den jetzt lebenden der Gegend übereinstimmen, oder höchstens einige Abarten bilden.

Augenscheinlich war also das Klima der jüngsten Tertiärzeit wenigstens ein gemässigtes und jedenfalls nicht so niedrig, dass damals ein grosser Theil von Europa mit ungeheuern Eismassen bedeckt werden konnte.

Diese Gründe, welchen sich leicht noch andere beifügen liessen, sprechen nun auf das Klarste dafür, dass die Hypothese einer frühern Eiszeit auf irrigen Voraussetzungen beruht. Das Phänomen der Wanderblöcke vermag also durch dieselbe durchaus nicht genügend erklärt zu werden, während die Strömungstheorie allen neuern genauen Beobachtungen und somit dem jetzigen Stande der Wissenschaft vollkommen entspricht.

Organische Reste der Diluvial-Gebilde.

Unter den zahlreichen bei weitem vorwiegend dem Thierreiche angehörenden Diluvialversteinerungen können hier nur die charakteristischen und wissenschaftlich interessanten hervorgehoben werden. Hieher gehören die *Mollusken* des Löss, die durch Al. Braun zuerst und genau untersucht wurden. Sie kommen fast alle in der Gegend noch lebend vor. Die bezeichnendsten sind: Helix hispida und arbustorum, Succinea oblonga, Clausilia parvula, Pupa muscorum, frumentum und oblium.

Von *Fischen* kommen Zähne in den Diluvialbohnerzen vor; sie sind indess älter als diese Ablagerungen und scheinen sich daselbst nur an secundärer Lagerstätte zu befinden.

Von *Amphibien* der Diluvialschichten sind ebenfalls nur solche bekannt, die in frühern Perioden lebten, wie Crocodilus plenidens und jetzt im Diluvium als secundärer Lagerstätte gefunden werden.

Bei weitem vorherrschend unter den Wirbelthieren des Diluviums sind die *Säugethiere.* Sie kommen in den Ablagerungen von Lehm und Sand, seltener in Geröllagern, ferner in den diluvialen Eisenerzen vor. Endlich ist ihr Vorkommen in Höhlen (Knochenhöhlen) zu erwähnen, wo sie theils frei daliegend, theils in Lehm, Sand und Kalksinter gefunden werden. In diesen Höhlen werden grösstentheils Raubthierknochen gefunden, untermischt mit Knochen anderer Thiere, welche von den Raubthieren in diese Höhlen verschleppt und daselbst bis auf die in Rede stehenden Knochenreste verzehrt wurden. — Die erwähnenswerthesten *Säugethiere* des Diluviums sind: Elephas primigenius (Mammont), Mastodon Ohioticus (Ohiothier), Rhinoceros tichorhinus und Merkii, Equus fossilis, Hippopotamos major, Sus scrofa, Bos primigenius (Urochs), Cervus euryceros, Felis spelaeus (Höhlenlöwe), Canis lupus, Hyaena spelaea (Höhlenhyäne), Ursus spelaeus (Höhlenbär); ausserdem noch Knochenreste aus den Ordnungen der *Edentaten*, *Beutel-* und *Nagethiere* und der *Fledermäuse.*

II. Durchbrüche von Feuer-Gesteinen, Hebungen und Erschütterungen während der jüngsten Tertiärzeit.

Der sechste geologische Zeitraum ist besonders dadurch sehr merkwürdig, dass gegen das Ende desselben äusserst grossartige geologische Ereignisse eintraten. Diese nähern sich jenen der ersten und zweiten Periode dadurch, dass grosse Durchbrüche von Feuergesteinen erfolgten und übertreffen dieselben noch dadurch, dass in dieser Zeit die bedeutendsten Hebungen stattfanden, welche überhaupt bekannt sind.

Die im sechsten Zeitraum gebildeten Feuergesteine haben die grösste Aehnlichkeit mit den Erzeugnissen der jetzigen Vulkane.

Man hat daher dieselben zum Unterschied von den plutonischen Gesteinen sehr passend alte vulkanische Gebilde genannt.

Betrachten wir nun zuerst diese eigenthümlichen Feuerprodukte der Tertiärzeit und dann die grossen Hebungen, welche in dieser geologischen Periode stattfanden.

Altes vulkanisches Gebirge.

(Basalt-Gebilde.)

Die Gesteine, welche das alte vulkanische Gebirge zusammensetzen, wurden wie die plutonischen durch Hitze, durch Schmelzung erzeugt; allein sie unterscheiden sich von denselben durch andere mineralogische Merkmale, wodurch sie, wie bereits bemerkt, theils mit den Erzeugnissen der jetzigen Vulkane übereinstimmen, theils aber sich denselben sehr nähern.

1. Mineralogische Merkmale der alten vulkanischen Gebilde.

Die Hauptbestandtheile der ältern vulkanischen Felsarten sind: Feldstein oder Feldspath, welcher auch im vulkanischen, wie im plutonischen Gebirge in grosser Verbreitung erscheint; dann Labrador, der ebenfalls sehr häufig auftritt; ferner und ebenfalls häufig Augit, Zeolith und Magneteisen; endlich manchmal Albit.

Quarz, welcher im plutonischen Gebirge so gemein ist, findet sich im vulkanischen im freien Zustande nur selten; dagegen erscheint Kieselsäure häufig in chemischen Verbindungen, in kieselsauren Salzen. Ebenso kommen Hornblende und Glimmer, welche im plutonischen Gebirge so sehr verbreitet sind, im vulkanischen nicht häufig vor.

Die Felsarten, welche die vulkanische Thätigkeit erzeugte, bieten keine so grosse Mannigfaltigkeit in ihrer Zusammensetzung dar und sind desshalb auch nicht so zahlreich wie die plutonischen.

Man darf mit Recht nur folgende Felsarten des vulkanischen Gebirges unterscheiden: Trachyt, Klingstein, Andesit, Basalt, Dolerit und Melaphyr. Diese sechs kommen häufig und in ganzen Gebirgen vor. — Ferner dürfen noch als eigenthümlich unterschieden werden: Pechstein, Perlstein und Leucitporphyr, welche nur in kleinern Massen auftreten.

Trachyt.

Charakteristik. — Dieses Gestein besteht aus einer Grundmasse, aus einem Teig von Feldstein. In dieser Grundmasse liegen Krystalle von glasigem Feldspath und ertheilen ihr dadurch Porphyrstruktur. — Die Gegenwart des glasigen Feldspathes unterscheidet den vulkanischen Trachyt von dem plutonischen Feldstein-Porphyr, welchem er sonst sehr nahe steht.

Eigenschaften. — Der Trachyt hat vorherrschend lichtgraue ins Grünliche stechende Farbe, weit seltner eine bräunliche oder röthliche. Meistens ist er matt, oft von erdigem Aussehen, ohne jedoch eine lockere oder lose Beschaffenheit anzunehmen. Er hat dichte bis körnige Struktur und fühlt sich gewöhnlich rauh an. Ausnahmsweise besitzt er Fettglanz und blättrige Absonderung und in diesem Falle besteht die Grundmasse nicht aus Feldstein, sondern aus Feldspath.

Die Krystalle des glasigen Feldspaths, welche dem Gestein Porphyrstruktur ertheilen, treten gewöhnlich ganz deutlich aus dem Teige hervor, bald klein und nadelförmig, bald grösser und deutlich auskrystallisirt.

Der Trachyt wird von Salzsäure nicht angegriffen; das Pulver desselben gibt namentlich mit Salzsäure keine Gallerte, wodurch sich diese Felsart sehr leicht und bestimmt von dem ähnlichen Klingstein unterscheidet. — Vor dem Löthrohr ist der Trachyt sehr schwer schmelzbar.

Als eine blosse Abart dieses Gesteins darf der Domit betrachtet werden: ein erdiger Trachyt ohne Krystalle von glasigem Feldspath, dagegen mit eingemengten Glimmerblättchen. — Er findet sich am Puy-de-Dome in der Auvergne.

Vorkommen. — Der Trachyt gehört zu den häufigen Felsarten des vulkanischen Gebirges; er bildet dort theils ganze Berge, theils Stöcke und Gänge. — Die wichtigsten Gegenden, wo er im alten vulkanischen Gebirge auftritt, sind folgende: In Deutschland: am Kaiserstuhl im Breisgau; im Siebengebirge bei Bonn; in der Gegend zwischen Frankfurt und Darmstadt. — In Frankreich: in der Auvergne und im Velay. — In Italien: im Euganeengebirge bei Padua und in Sardinien. — Ferner in Ungarn, Siebenbürgen, in den Karpathen, und ausser Europa in der Andes-Kette und auf Java.

Klingstein (Phonolith).

Charakteristik. — Der Klingstein ist ein inniges Gemeng von dichtem Feldstein oder Feldspath mit Zeolith. Durch die Beimischung dieses Minerals unterscheidet er sich wesentlich von dem Trachyt.

Von diesen Gemengtheilen des Klingsteins muss der Zeolith, von welchem bisher noch nicht die Rede war, in mineralogischer Beziehung kurz betrachtet werden.

Der Zeolith besteht aus drittelkieselsaurer Thonerde mit einfach kieselsaurem Natron und Wasser, nach der Formel: $\ddot{\bar{Al}}\,\dddot{Si} + \dot{Na}\,\dddot{Si} + 2\,\dot{\bar{H}}$. — Er krystallisirt in schiefen rhombischen Prismen; meistens jedoch sind diese nicht deutlich ausgebildet, so dass das Mineral gewöhnlich blos in Nadeln erscheint. Der Zeolith ist im reinen Zustand weiss oder farblos, manchmal jedoch durch zufällige Beimischungen gefärbt, namentlich durch Eisenoxydhydrat, ockergelb und durch Eisenoxyd röthlich oder schmutzigroth. Er hat Glasglanz bis schwachen Fettglanz und Apatithärte. — Wird das Pulver des Zeoliths mit conzentrirter Salzsäure übergossen und einige Zeit stehen gelassen, so bildet sich eine Gallerte, durch Ausscheidung von Kieselsäure-Hydrat. In Kleesäure löst sich das Mineral grossentheils auf. In Kölbchen erhitzt gibt es Wasser aus.

Eigenschaften. — Die Grundmasse des Klingsteins ist meist grau oder grünlich grau, öfters braun, selten röthlich oder schwärzlich. Die Felsart besitzt bald eine dichte, bald eine späthige Absonderung. Das Gestein ist hart und daher häufig in dünnen Stücken oder beim Zerschlagen klingend; woher der Name. — Der Zeolith tritt gewöhnlich in dem Klingstein nicht deutlich hervor, er ist mit der Feldstein-Grundmasse zu einem innigen Ganzen verschmolzen und daher dem Auge nicht sichtbar. Ausnahmsweise jedoch findet man auch in dem Klingsteinteig kleine Zeolithnadeln im freien Zustande vertheilt. Auf Höhlungen und in Spalten des Klingsteins erscheinen häufig nadelförmige bisweilen grössere Krystalle von Zeolith in mannigfaltiger Weise zusammen gruppirt.

Das Pulver des Klingsteins gibt mit Salzsäure übergossen nach einiger Zeit eine Gallerte, unter Abscheidung von Kieselsäure-Hydrat. Durch dieses Verhalten, welches die Felsart der Beimischung von Zeolith verdankt, unterscheidet sich der Klingstein sehr gut vom Trachyt.

Als zufällige Einmengung enthält das Gestein bisweilen Kry-

stalle von glasigem Feldspath und wird dann einem harten Trachyt sehr ähnlich. Die Eigenschaft des Klingsteins mit Salzsäure Gallerte zu bilden, hebt auch in diesem Falle jeden Zweifel.

Vorkommen. — Der Klingstein gehört wie der Trachyt zu den häufig verbreiteten Gesteinen des alten vulkanischen Gebirges und bildet, wie dieser, ganze Berge, Stöcke und Gänge. Man findet ihn besonders: in Deutschland: am Kaiserstuhl im Breisgau (bei Oberschaffhausen, Eichstetten und Ihringen); im Höhgau, unweit des Bodensees (am Hohentwiel, Hohenkrähen, Mägdeberg und Staufenberg); im Siebengebirge; im Rhöngebirge; im Vogelsgebirge und in Böhmen. — In Italien: in den Euganeen.

Andesit.

Diesen Namen gab man einer Felsart, welche bis jetzt nur in der Andeskette in Südamerika gefunden wurde, dort aber grosse Gebirge bildet.

Der Andesit wird aus einer trachitähnlichen Grundmasse zusammengesetzt, die aus einem zusammengeschmolzenen Gemeng von Albit und Hornblende besteht und in welcher öfters Hornblende-Krystalle porphyrartig hervortreten. — Diese Bestandtheile unterscheiden das Gestein wesentlich vom Trachyt, womit es früher verwechselt wurde.

Basalt (Basanit).

Charakteristik. — Der Basalt ist ein dichtes Gemeng von Feldstein oder Labrador, mit Augit und Magneteisen, diese Mineralien zu gleichartigem Ganzen zusammen geschmolzen. Viele Basalte scheinen überdiess Zeolith zu enthalten oder ein ähnliches, mit Salzsäure Gallerte bildendes Mineral. — Als sehr bezeichnend für den Basalt muss ferner das Vorkommen von Olivin in demselben betrachtet werden, welcher theils in Körnern, theils in grössern Massen in dem Gesteine zerstreut liegt.

(Die mineralogischen Merkmale des Feldsteins siehe S. 7, jene des Labradors S. 9, die des Augits S. 13, des Magneteisens S. 15, des Olivins S. 14 und des Zeoliths S. 280.)

Eigenschaften des Basalts. — Die Basalte besitzen fast immer eine schwarze oder grauschwarze Farbe, welche von ihrem reichlichen Gehalt an Augit und Mangneteisen herrührt; nur selten sind sie grau gefärbt. Sie haben dichte Structur, so dass ihre einzelnen Bestandtheile sich im innigsten Gemenge befinden,

also durch das blosse Auge nicht unterschieden werden können. Das Gestein zeigt grosse Härte und fällt durch seine Schwere auf; das spezifische Gewicht beträgt im Mittel 3,0—3,2. Die Olivinkörner heben sich aus der schwarzen, matten oder nur schwach fettglänzenden Grundmasse des Basalts durch ihre grüne Farbe und den Glasglanz deutlich hervor, sind also nicht mit dem Basaltteig zusammengeschmolzen.

Die übrigen Gemengtheile der Basalte lassen sich theils durch eine mechanische, theils durch eine chemische Zerlegung nachweisen. Aus dem groben Pulver des Basaltes nämlich kann Magneteisen durch den Magnet ausgezogen werden oder es setzt sich beim Schlemmen des Pulvers durch seine Schwere zuerst zu Boden. Augit erkennt man in dem gröblichen Basaltpulver theils durch die Loupe, theils durch das Mikroskop. Labrador wird von heisser Salzsäure grossentheils ausgezogen. Zeolith oder das zeolithische Mineral bildet mit Salzsäure eine Gallerte. Feldstein endlich bleibt von der Säure unzersetzt zurück.

Vorkommen. — Der Basalt gehört zu den allgemein verbreiteten Gesteinen des alten vulkanischen Gebirges. Er bildet nicht selten ganze Berge, am häufigsten aber Stöcke und Gänge. — Bei der grossen Häufigkeit dieser Felsart muss ich mich darauf beschränken nur einige, besonders beachtenswerthe Fundorte derselben anzugeben. — In Deutschland finden sich Basaltmassen: in Baden am Kaiserstuhl bei Sasbach; in Malberg im Breisgau; am Wartenberg bei Geisingen; am Hohenhöwen, Hohenstoffeln, Schloss Stetten, Höweneck u. s. w. im Seekreis. In Württemberg, an zahlreichen Punkten auf der Rauhenalb. In Hessen am Meissner und Habichtswald; im Rhön- und Vogelsgebirge. In Nassau am Westerwald. In Preussen am Niederrhein, in der Eifel in Schlesien. In Oestreich in Böhmen u. s. w. — In Frankreich finden sich Basalte besonders ausgezeichnet in der Auvergne. In England erscheinen sie vorzüglich in Schottland.

Dolerit.

Charakteristik. — Diese Felsart enthält ganz dieselben Bestandtheile wie der Basalt, allein diese sind nicht zur dichten, sondern zur körnigen Masse zusammengeschmolzen. Die für den Basalt so bezeichnenden Olivinkörner fehlen dem Dolerite gänzlich oder erscheinen in dieser Gebirgsart nur höchst selten.

Merkmale. — Die Farbe des Dolerits ist häufig grauschwarz; oft aber auch tritt das Gestein hellerfarbig auf und manchmal ganz hellgrau. Die körnige Structur ist meist feinkörnig, seltner grobkörnig. Der Dolerit hat geringere Härte und geringeres spezifisches Gewicht als der Basalt, weil seine Bestandtheile nicht so innig mit einander verschmolzen sind.

Nicht selten treten aus der Grundmasse der Dolerite Augit-Krystalle hervor und ertheilen dadurch dem Gestein Porphyr-Structur. — Oft sind die Dolerite voll von Blasenräumen, d. h. von zahlreichen kleinen Höhlungen erfüllt. Diese Blasenräume sind theils leer, theils enthalten sie verschiedenartige fremde Mineralien. Die Felsart hat in diesem Falle Mandelstein-Structur. — Selten kommen Dolerite vor, welche ausser den gewöhnlichen Bestandtheilen noch Nephelin enthalten, theils in die Grundmasse eingeschmolzen, theils in zahlreichen isolirten Körnern. Dieser Nephelin-Dolerit findet sich am Katzenbuckel bei Eberbach im Odenwald, bei Löbau in der Lausitz und in der Gegend von Rom. — Ebenfalls selten erscheint ein Dolerit mit reichlicher Beimengung von Analcim, sowohl in der Grundmasse als in vereinzelten Aussonderungen. Man trifft diesen Analcim-Dolerit oder Analcimit auf den Cyklopen-Inseln in Unteritalien.

Verbreitung. — Der Dolerit gehört zu den häufigen Felsarten des vulkanischen Gebirges und tritt sowohl in ganzen Bergen auf als in Stöcken und Gängen. — Die beachtenswerthesten Vorkommnisse sind: im Kaiserstuhl-Gebirge im Breisgau; am Meissner in Hessen; in der Gegend von Hanau; bei Striegau in Schlesien. Ferner in der Auvergne und Provence; im Euganeen-Gebirge; in Schottland; auf Island und den Faröern u. s. w.

Melaphyr (Augit-Porphyr. Schwarzer Porphyr).

Charakteristik. — Der Melaphyr besteht aus einer Grundmasse von Feldstein oder Labrador, theils von dichtem, theils von feinkörnigem Gefüge, durch Augit schwarz oder hellgrau gefärbt und häufig porphyrartig durch einzelne Augitkrystalle, bisweilen durch einzelne Körner oder Krystalle von Albit.

Merkmale. — Dieses Gestein nähert sich in den äussern Charakteren am meisten dem Dolerit, von welchem es (bei den gegenwärtig noch ziemlich mangelhaften Untersuchungen über die Melaphyre) manchmal kaum zu unterscheiden ist. Vorläufig mögen

als Merkmale zur Unterscheidung beider Felsarten hervorgehoben werden: Die mehr dichte Beschaffenheit der Grundmasse des Melaphyrs, der Mangel des Magneteisens und das ziemlich häufige Vorkommen von Albit. — Die Melaphyre besitzen öfters Mandelsteinstructur; die Blasenräume des Gesteins sind dann bald leer, bald ausgefüllt mit verschiedenen Mineralien. — Unter den zufälligen Einmengungen der Melaphyre verdient das nicht seltene Vorkommen von Pistazit in denselben besonders erwähnt zu werden.

Am Harz und im Thüringerwald treten Erzgänge im Melaphyr auf, eine Erscheinung, die sonst bei vulkanischen Gesteinen zu den Seltenheiten gehört.

Vorkommen. — Der Melaphyr bildet keine ganzen Berge, aber sehr grossartige Stöcke und Gänge, welche sich zum Theil unter ganzen Gebirgsketten fortziehen. — Die ausgedehnteste Verbreitung zeigt diese Felsart in den südlichen Alpen, wo die Melaphyre im Fassathal in Tyrol, von wo sie sich einerseits bis an den Luganersee ausdehnen, anderseits bis in die Gegend von Vicenza und bis in die Kärnthneralpen. — Ferner findet sich dieses Gestein in Deutschland: in der Gegend von Oberstein und Birkenfeld an der Nahe; am Hundsrücken; in der Gegend von Darmstadt; im Thüringerwald; am Harz; in Schlesien. — Weiter tritt es auf: in Frankreich in den Vogesen; in Schottland; in Norwegen; auf den Faröern u. s. w.

Die folgenden Felsarten des alten vulkanischen Gebirges erscheinen nur in kleinern, wenig ausgedehnten Massen, und ihr Vorkommen ist nur auf wenige Oertlichkeiten beschränkt. Sie verdienen daher nur eine kurze Erwähnung.

Pechstein.

Ueber die Zusammensetzung dieser Felsart lässt sich nur im Allgemeinen bemerken, dass ihre Hauptbestandtheile kieselsaure Thonerde und kieselsaures Natron sind, in Verhältnissen, wodurch sich der Pechstein einigermassen dem Albit nähert.

Die Felsart hat sehr verschiedene Farben: grau, schmutzig grünlich, schmutzig gelb, braun, rothbraun, schwarzbraun und schwarz. Das Gestein besitzt Pechglanz oder Fettglanz, eine dichte, körnige oder blättrige Structur und Apatit- bis Feldspathhärte. — Von Säuren wird es nicht angegriffen; am Löthrohr ist es schmelzbar.

Der Pechstein tritt nicht in ganzen Bergen auf, sondern nur in

Stöcken und Gängen. — Seine Hauptfundorte sind: Meissen und Planitz in Sachsen; Schemnitz und Tokay in Ungarn; die Euganeen in Oberitalien; die Auvergne; Schottland; Spanien; Mexiko.

Perlstein.

In der Zusammensetzung stimmt diese Gebirgsart nahe mit dem Pechstein überein.

Der Perlstein besteht aus zahllosen, kleinen, nur ungefähr hirsekorngrossen runden Körnern von Perlmutterglanz, sehr verschiedener Farbe (grau, schmutzig gelb, braun, röthlich, schwärzlich) und von Feldspathhärte. Am Löthrohr schmilzt er; von Säuren wird er nicht angegriffen.

Dieses Gestein bildet ebenfalls keine ganzen Berge, nur Stöcke und Gänge: bei Schemnitz und Tokay; in den Euganeen; in Spanien; in Mexiko.

Leucitporphyr (Leucitophyr. Leukomelan).

Diese Felsart besteht aus einer grauen doleritischen Grundmasse von dichter und feinkörniger Beschaffenheit, wie es scheint aus Feldstein und Augit gebildet. In dieser liegen zahlreiche weisse Körner und grössere Krystalle von Leucit (siehe S. 15) und ertheilen dadurch dem Gestein die Porphyrstruktur.

Der Leucitporphyr bildet kleine Berge in der Gegend von Rom, bei Albano und Borghetto, dann am Monte Somma beim Vesuv.

Geologie des alten vulkanischen Gebirges.

1. Beweise für die Entstehung der alten vulkanischen Gesteine durch Feuer.

Zahlreiche Thatsachen lassen nicht den mindesten Zweifel darüber, dass auch die alten in vorgeschichtlicher Zeit entstandenen vulkanischen Gebilde durch die Wirkung der Hitze, durch Schmelzung erzeugt wurden. Diess geht vorzüglich aus den folgenden Beobachtungen hervor:

a. Trachyte und Dolerite, welche im alten vulkanischen Gebirge zum Theil in grosser Häufigkeit auftreten, bilden sich durch die Wirkung der jetzt noch thätigen Vulkane beständig fort, sie gehören zu den Erzeugnissen der Feuerberge der gegenwärtigen Zeit. Schon diese Thatsache berechtigt zu dem Schlusse, dass auch die alten Trachyte und Dolerite Feuergebilde sind.

b. Die Hauptbestandtheile der alten vulkanischen Felsart:

Feldstein, Augit, Magneteisen, Olivin sind von der Art, dass eine Bildung derselben auf nassem Wege bei dem jetzigen Stande unserer chemischen Kenntnisse rein undenkbar ist. Noch mehr, man hat diese Mineralien durch Schmelzung künstlich erzeugt, theils im Grossen bei Hüttenprozessen, theils im Kleinen in den chemischen Laboratorien.

c. Die alten vulkanischen Felsarten besitzen häufig Mandelsteinstructur und dadurch oft ein Aussehen, welches mit jenem der Schlacken unserer Hüttenwerke die grösste Aehnlichkeit hat.

d. So wie das gang- und stockförmige Auftreten der plutonischen Gesteine in der Regel als ein Beweis für ihre Bildung durch Hitze betrachtet werden darf (siehe S. 19), so kann auch das so häufige Auftreten der alten vulkanischen Gebilde in Stöcken und Gängen als ein Beleg für die gleiche Bildungsweise gelten und diess um so mehr, wenn auch die folgende Erscheinung e. dabei beobachtet wird.

e. Da wo solche Gänge und Stöcke alter vulkanischer Felsarten mit andern Gesteinen in Berührung treten, bringen sie öfters in denselben Veränderungen hervor, welche nur durch die Wirkung der Hitze erklärt werden können. (Beispiele solcher Veränderungen sollen weiter unten angeführt werden.)

f. Die alten vulkanischen Gebilde sind häufig von einem Mantel von Reibungsconglomeraten umgeben. Diese Conglomerate enthalten eckige, also nicht durch Wasser abgerundete Trümmer. Sie bestehen augenscheinlich aus Gesteinsbruchstücken, welche beim Hervorbrechen der vulkanischen Gebilde aus der Tiefe, von dem Nebengesteine losgetrennt und durch die teigige vulkanische Masse zum Conglomerate verkittet wurden.

g. Die alten vulkanischen Gebilde zeigen sich nicht geschichtet wie die neptunischen Ablagerungen, und sie enthalten keine organischen Reste, keine Versteinerungen, die für die Absätze aus Wasser so bezeichnend sind.

h. Man findet in mehreren Ländern alte vulkanische Berge, deren ganze Beschaffenheit keinen Zweifel lässt, dass dieselben in vorgeschichtlicher Zeit Ausbrüche gehabt haben, ähnlich den jetzt noch thätigen Vulkanen. Man sieht nämlich an diesen alten Vulkanen gegenwärtig noch die Krateröffnungen; man beobachtet auf diesen Bergen und ihren Umgebungen Erzeugnisse, wie sie auch die heutigen Vulkane liefern, namentlich erhärtete Lavaströme,

Aufhäufungen von schlackigen Auswürflingen, von vulkanischem Sand und vulkanischer Asche, Zusammenhäufungen von Bimsstein und Obsidian, Ansammlungen von Schwefel u. s. w.

2. Art des Auftretens der alten vulkanischen Gebilde.

Wir haben bereits gehört, dass die alten vulkanischen Gebilde häufig in ganzen Bergen, ja sogar in Gebirgszügen auftreten.

Sehr häufig bilden diese vulkanischen Berge spitze, steile Kegel oder sie zeigen schroff ansteigende glockenförmige und domförmige Gestalten. Durch diese Bergformen fallen daher vulkanische Gebilde, wo sie frei, nicht von andern Ablagerungen bedeckt zu Tage treten, schon von ferne auf.

Wiewohl die Berge aus alten vulkanischen Gesteinen sehr oft nicht die Höhen der plutonischen Gebirge besitzen, so kommen doch zahlreiche Fälle vor, wo jene Gebilde auch eine sehr bedeutende Höhe erreichen. So steigen z. B. vulkanische Berge in der Auvergne bis zu einer Höhe von 5000′ und darüber, der Aetna besitzt eine Höhe von 10000′, vulkanische Berge im Kaukasus von 12—15000′ und in der Andeskette bis 20000′.

Nie sieht man vulkanische Felsarten geschichtet. Entweder sind sie ganz massig, und dann von Klüften, von Felsspalten nach den verschiedensten Richtungen unregelmässig durchzogen. Oder diese Gesteine zeigen eine plattenförmige Absonderung, und die Platten liegen dann meistens ähnlich jenen der plutonischen Gesteine gebogen, gekrümmt übereinander. Endlich besitzen vulkanische Gebilde manchmal eine säulenförmige Absonderung. Diese Absonderung in Gestalt von Säulen lassen vorzugsweise die Basalte und Dolerite, dann auch manchmal die Trachyte wahrnehmen. — Die Säulen zeigen eine sehr verschiedene Länge und Dicke. Manchmal sind sie 50—100 und mehr Fuss hoch und dabei ganz dünn; in andern Fällen haben sie bei einer Dicke von zwei und mehr Fuss nur eine ganz geringe Höhe. Die Säulen sind vier-, fünf-, sechs-, achteckig u. s w., aber dabei nie so regelmässig gebildet wie wirkliche Krystalle. Manchmal besteht eine ganze Säule nur aus einem zusammenhängenden Stück; in andern Fällen sind die Säulen durch Querrisse in verschiedene Abtheilungen getrennt. Am häufigsten zeigen solche Säulen eine geradlinige Gestalt; bisweilen jedoch sind sie gebogen. Häufig stehen sie senkrecht, oft

aber auch geneigt, unter sehr verschiedenen Winkeln. — Die Säulen der vulkanischen Gesteine kommen gruppenweise zu Tausenden miteinander vereinigt vor und solche Säulengruppen, welche nicht selten in ganzen Bergen übereinander aufgethürmt sind, gewähren dann einen auffallenden, oft sehr malerischen Anblick. — Die säulenförmige Absonderung der vulkanischen Gesteine erklärt sich im Allgemeinen durch das Zusammenziehen der Gesteinsmassen bei ihrem Uebergang aus dem geschmolzenen in den festen Zustand, wobei sich Spalten in regelmässiger Richtung bilden.

Die vulkanischen Gesteine zeichnen sich ferner dadurch aus, dass sie häufig eine poröse, schlackige Beschaffenheit, die Mandelsteinstructur besitzen. Diese Beschaffenheit erklärt sich eben so einfach als richtig dadurch, dass während das Gestein sich noch im geschmolzenen Zustande befand, Gase und Dämpfe entwickelt wurden, welche sich gewaltsam durch den zähen Teig, den das Gestein bildete, Bahn brachen und diesen dadurch mit Höhlungen, mit Blasenräumen erfüllten. Ganz in derselben Weise sieht man schlackige Erzeugnisse sich bilden bei den jetzt noch thätigen Vulkanen und bei vielen Hüttenprozessen.

In den nächsten Umgebungen vieler alter vulkanischer Berge treten sehr häufig Reibungs-Conglomerate auf, welche den Berg, besonders an seinem Fusse und bis zu einer gewissen Höhe hinauf wie mit einem Mantel umhüllen. Der Teig dieser Conglomerate besteht gewöhnlich aus der Gebirgsart des vulkanischen Berges und in diesem Teig liegen eckige Bruchstücke der festen Gesteine, womit die vulkanische Masse bei ihrem Hervorbrechen aus der Tiefe in Berührung kam. Oefters brach dieselbe durch eine Ablagerung von Diluvialgeröllen hervor und in diesem Falle enthält dann der Conglomeratmantel auch abgerundete Trümmer. — Der Teig dieser vulkanischen Conglomerate hat nicht selten eine harte Beschaffenheit, mehr oder weniger übereinstimmend mit jener der Felsart, woraus er gebildet wurde. Sehr oft aber besteht dieser Teig aus einer erdigen, manchmal weichen, zerreiblichen Masse; in diesem Falle pflegt man jene Conglomerate vulkanische Tuffe zu nennen.

Bisweilen wurden solche Conglomerate und Tuffe später, nachdem sie also vorher auf vulkanischem Wege entstanden waren, vom Wasser weggeschwemmt und aus demselben wieder an einer andern Lagerstätte abgesetzt. So erklärt sich die öfters vorkommende

Erscheinung, dass solche Tuffe ganz wie neptunische Gebilde geschichtet sind und dass man in denselben organische Reste, Muscheln und Schnecken, Holzstücke u. s. w. findet.

Eine andere Art des Auftretens alter vulkanischer Gebilde ist die in Stöcken und Gängen. Solche Stöcke und Gänge bilden am häufigsten Basalt, Dolerit und Trachyt und besonders grossartige die Melaphyre. Man findet Gänge und Stöcke vulkanischer Felsarten in den mannigfaltigsten fremden Gebilden, sie dringen in die verschiedensten plutonischen Gesteine ein, in Gneiss, Glimmerschiefer, Granit, Syenit, Porphyr, Serpentin u. s. w.; sie treten in den mannigfaltigsten neptunischen Ablagerungen auf, vom Uebergangsgebirge bis einschliesslich zu den jüngsten Tertiärgebilden; ja es erscheinen sogar Gänge von jüngern vulkanischen Gesteinen in ältern vulkanischen, so z. B. Trachytgänge im Dolerit.

Das gang- und stockförmige Auftreten der vulkanischen Felsarten, ihr Eindringen in fremde Gesteine, bewirkt nicht selten mannigfaltige Veränderungen des Nebengesteins, welche nur durch die Wirkung der Hitze zu erklären sind. — So findet man z. B. in Basaltgänge eckige Trümmer neptunischer Gesteine, Brocken von Kalksteinen und Sandsteinen eingeschlossen und diese sehen wie gebrannt aus. Dichte Kalksteine zeigen sich in der Nähe von vulkanischen, namentlich von Basaltgängen in körnige Kalksteine, bisweilen in wahren Marmor umgewandelt und in der Farbe verändert. Rothe Sandsteine, in Berührung von solchen Gängen oder in dieselben eingeschlossen, sind manchmal weiss gebrannt unter Bildung von kieselsaurem Eisenoxyd. — Plutonische Gesteine, namentlich Granit und Glimmerschiefer, welche man bisweilen in Basalt- oder Trachytgänge eingeschlossen findet, sehen aus wie dieselben Gesteine, die im Ziegel- oder Porzellanofen geglüht wurden.

Der Durchbruch vulkanischer Stöcke und Gänge hat ferner nicht selten die Wirkung hervorgebracht, dass von dem Nebengestein neue, ihm fremde Mineralien gebildet, oder aufgenommen wurden, Mineralien, deren Entstehung nur durch Hitze (Schmelzung oder Sublimation) erklärt werden kann. So findet man bisweilen in Kalksteinen, welche von vulkanischen Gängen durchsetzt wurden: Glimmer, Talk, Titaneisen, Magneteisen, Granat u. s. w.

Die vulkanischen Stöcke und Gänge endlich sind häufig, ähnlich den grössern vulkanischen Durchbrüchen, von einem Mantel von Reibungsconglomeraten umgeben.

3. Entstehungsweise vulkanischer Berge.

Die Bildungsart grösserer vulkanischer Massen in ganzen Bergen geschah im Allgemeinen in doppelter Weise: Durch Emporhebung der Gesteine aus dem Innern der Erde, oder durch Aufhäufung von Auswürflingen und Ueberfliessen geschmolzener Massen.

Durch Emporhebung aus dem Erdinnern, durch Hervorbrechen aus Erdspalten ähnlich den plutonischen Gebilden, erzeugten sich sehr häufig grossartige vulkanische Massen, die wir jetzt in ganzen Bergen und Gebirgszügen vor uns sehen. Diese Emporhebung geschah im Wesentlichen durch dieselben Kräfte, welche überhaupt Gebirgshebungen bewirkten und wovon schon früher S. 137 ff. ausführlich die Rede war.

Zum Beweise, dass wirklich vulkanische Gebilde ihre jetzige Gestalt in Folge von Hebungen erhielten, mögen wenigstens einige, besonders beachtenswerthe Thatsachen angeführt werden. Wenige Bemerkungen werden genügen, da schon bei einem andern Anlass hinreichende Belege für die Richtigkeit der Hebungstheorie überhaupt beigebracht wurden.

a. Man kennt eine ganze Reihe von Fällen aus geschichtlicher Zeit, wo Berge und Hügel jüngerer vulkanischer Gesteine aus dem Innern der Erde emporgehoben wurden. Ich verweise in dieser Beziehung auf die bereits S. 137 angeführten Beobachtungen. — Bei der grossen mineralogischen und geologischen Aehnlichkeit der jüngern vulkanischen Gebilde mit den ältern darf man ohne Anstand behaupten, dass was für die einen gilt auch von den andern angenommen werden darf.

b. So wie das gang- und stockförmige Auftreten plutonischer Gebilde mit Recht als ein Beweis ihrer Emporhebung aus dem Erdinnern betrachtet wird, so darf man auch als einen solchen Beweis die Thatsache ansehen, dass die alten vulkanischen Gesteine sehr häufig in Gestalt von Stöcken und Gängen erscheinen (siehe weiter hierüber S. 19).

In der Nähe alter vulkanischer Durchbrüche findet man nicht selten die Schichten neptunischer Gesteine mehr oder weniger stark aufgerichtet und öfters die neptunischen Ablagerungen verworfen, dislocirt. Ganz ähnliche Wirkungen brachte der Durchbruch plutonischer Massen hervor. Wir haben früher gesehen, wie diese Hebungen und Verwerfungen durch plutonische Ausbrüche als Beweise für das Empordringen, die Emporhebung dieser plutonischen

Gebilde gelten können (S. 139) und können daher diese Beweise auf die ganz analogen Erscheinungen im alten vulkanischen Gebirge fast wörtlich übertragen.

Wenn wir nach diesen Thatsachen nicht zweifeln dürfen, dass die alten vulkanischen Berge sehr häufig, ähnlich den plutonischen, ihr Dasein grossartigen Hebungen verdanken, so steht doch nicht weniger fest, dass ein anderer und wohl nicht unbeträchtlicher Theil solcher Berge sich durch eine andere Bildungsweise erzeugte, nämlich durch Uebereinanderhäufung von Auswürflingen und durch Ausfliessen geschmolzener Gesteine.

Man beobachtet nämlich bei jetzt noch thätigen Vulkanen und bei der Bildung vulkanischer Inseln in geschichtlicher Zeit, dass durch den Druck der Gase und Dämpfe entweder aus den Krateröffnungen oder aus Erdspalten Trümmer vulkanischer Gesteine theils im festen, theils im geschmolzenen Zustande herausgeschleudert werden. Diese Trümmermassen häufen sich rings um die Oeffnungen auf und erzeugen nach und nach einen Hügel oder einen ganzen Berg, der gewöhnlich eine kegel- oder glockenförmige Gestalt hat. Die Auswürflinge bilden manchmal bloss ein lockeres Haufwerk, in andern Fällen aber, wenn viele geschmolzene Materialien herausgeschleudert wurden, bestehen sie aus einer zusammenhängenden, harten Gesteinsmasse. — Auf ganz ähnliche Weise werden bei dem Ausschmelzen des Werkbleies auf den Hüttenwerken die Schlacken herausgeschleudert und bilden dann durch Uebereinanderhäufung und Zusammenschmelzen kleine vulkanische Kegel.

Neben diesen Ausstossungen von Gesteinstrümmern brechen sehr häufig aus vulkanischen Bergen geschmolzene Massen hervor, fliessen (als Lavaströme) an dem Abhang der Berge herunter und sammeln sich wieder im erhärteten Zustand an einer geeigneten Stelle. In dieser Weise entstehen oft neue beträchtliche Gesteinsmassen, deren Umfang noch sehr vermehrt wird, wenn die geschmolzenen Materien sich zugleich mit Auswürflingen mengen.

Diese Bildungsweise vulkanischer Berge und Hügel, wie wir sie gegenwärtig noch vor sich gehen sehen, fand ohne Zweifel auch zur Zeit der Entstehung des alten vulkanischen Gebildes statt. Wir dürfen daher mit vollem Rechte annehmen, dass nicht alle alten vulkanischen Gesteine in Folge von Hebungen zu Tage gebracht wurden.

Wenn sich nun nach der einen oder andern Weise vulkanische Berge erzeugt haben, so zeigen dieselben dann gegenwärtig noch doppeltes Verhalten, welches sie auch in vorgeschichtlicher Zeit besassen. Entweder nämlich bleiben diese Berge ganz ruhig, d. h. sie lassen keine Merkmale weiterer vulkanischer Thätigkeit wahrnehmen, sie zeigen keine vulkanischen Ausbrüche. In diesem Falle also verhält sich der vulkanische Berg ganz wie ein erkalteter plutonischer. — Oder aber es bleibt an der Spitze des vulkanischen Berges eine Oeffnung, ein Krater und aus diesem finden von Zeit zu Zeit vulkanische Ausbrüche statt. Im Innern des Berges dauert also in diesem Falle die vulkanische Bewegung noch fort und die Produkte derselben brechen durch den Krater oder durch andere neu gebildete Oeffnungen hervor.

Man muss also in Bezug auf das Verhalten vulkanischer Berge mit L. von Buch zwei wesentlich verschiedene Arten derselben unterscheiden: die vulkanischen Berge ohne Kraleröffnungen und Ausbrüche (die sog. Erhebungsinseln) und die Vulkane mit Eruptionen.

1. Erhebungsinseln (basaltische Inseln).

Erhebungsinseln sind Berge und Gebirge, welche durch vulkanische Thätigkeit gebildet wurden, die aber nie vulkanische Ausbrüche aus Kraleröffnungen zeigten.

Diese Berge und Gebirge bilden theils wirkliche Inseln im Meere, theils inselartige Hervorragungen auf dem Festland; daher der Name.

Die Erhebungsinseln lassen sich durch die folgenden Merkmale leicht von alten erloschenen Vulkanen unterscheiden:

Nirgends in den Erhebungsinseln trifft man Berge mit alten Kraleröffnungen. — Nirgends findet man dort Erzeugnisse, welche mit jenen der Ausbrüche gegenwärtig noch thätiger Vulkane Aehnlichkeit oder Uebereinstimmung zeigen. So beobachtet man in Erhebungsinseln nirgends erstarrte Lavaströme, nirgends findet man dort aufgehäufte Massen von schlackigen, vulkanischen Auswürflingen, oder von Bimsstein, von Obsidian, oder von vulkanischem Sand und vulkanischer Asche. Ebenso fehlen den Erhebungsinseln die Schwefelansammlungen (Solfataren) und die Ausströmungen von kohlensaurem Gas aus dem Boden (die sog. Mofetten).

Die Hauptgesteine der alten Erhebungsinseln sind Basalt, Dolerit und Klingstein. Trachyt kommt zwar in denselben ebenfalls vor,

allein gewöhnlich zurückgedrängt, nur in kleinern untergeordneten Massen.

Oefters zeigen die Berge einer Erhebungsinsel nichts, wodurch sie sich von vulkanischen Bergen überhaupt unterscheiden; sie bilden wie diese gewöhnlich schroffe, steile Kegel, oder sie zeigen glockenförmige und domförmige Gestalten.

In andern Fällen aber lässt sich eine besondere Art der Gebirgsbildung in diesen vulkanischen Inseln wahrnehmen, die Berge zeigen eine Art der Anordnung, welche Leop. v. Buch den Erhebungs-Krater genannt hat. — Die Hauptberge einer Erhebungsinsel liegen nämlich in einem Kreise oder in einer Ellipse um eine kesselförmige Vertiefung oder um eine längliche Schlucht, welche dann auf einer Seite geschlossen, auf der andern geöffnet ist. Offenbar entstund diese Anordnung der Berge dadurch, dass ihre Hebung an der Peripherie erfolgte, während in der Mitte die kessel- und schluchtförmige Vertiefung blieb, oder sie geschah dadurch, dass nach der Emporhebung einer Gebirgsblase in der Mitte der gehobenen Massen grosse Einstürze stattfanden, während die Ränder fest stehen blieben.

Aus diesen grossen kessel- oder schluchtförmigen Oeffnungen zwischen den Bergen bahnten sich die vulkanischen Gase und Dämpfe, welche während der Bildung der Erhebungsinsel entwickelt wurden, ihren Ausweg und als die Ausbrüche derselben zu Ende waren, wurden jene Schlünde durch grosse Einstürze verschlossen und dadurch spätere Eruptionen unmöglich gemacht. Die kessel- und schluchtförmigen Vertiefungen zwischen den Bergen der Erhebungsinseln bewirkten also, wenigstens während einiger Zeit, ganz ähnliche vulkanische Erscheinungen, wie die Krater der wirklichen Vulkane und diess rechtfertigt vollkommen die Benennung Erhebungs-Krater.

Schöne Beispiele einer solchen Gestaltung der Erhebungsinseln liefern besonders die Insel Palma, eine der canarischen Inseln, dann das Kaiserstuhl-Gebirge im Breisgau.

Vorkommen der Erhebungsinseln. — Vulkanische Berge, welche nie Ausbrüche aus Kratern zeigten, finden sich ziemlich häufig über alle Länder verbreitet. In Deutschland gehört hieher: das Kaiserstuhl-Gebirge im Breisgau; damit hängen zusammen Basalt-Stöcke und -Gänge bei Mahlberg im Breisgau, in den Umgebungen von Freiburg am Schönberg, Bromberg und bei Lehen,

dann am Hinterhauenstein bei Hornberg im Schwarzwald. Ferner gehören zu den basaltischen Inseln die vulkanischen Berge des Höhgaues im badischen Seekreis, mit welchen im Zusammenhange stehen die Basaltstöcke und Gänge bei Blomberg, Leipferdingen und am Wartenberg bei Geisingen. — Weiter gehören in diese Reihe vulkanischer Gebilde: die Basalte und Tuffe der rauhen Alb in Württemberg, die Doleritmassen am Katzenbuckel bei Eberbach, die vulkanischen Gebilde der Gegend von Frankfurt, jene im Vogelsgebirge, am Meissner und Habichtswald in Hessen, im Röhngebirge, im böhmischen Mittelgebirge, in der südlichen Lausitz, in Schlesien. — Ausser Deutschland finden sich beachtungswerthe Erhebungsinseln im Euganeengebirge in Oberitalien, in Sardinien, in den Karpathen, in Schottland und Irland. — Ausser Europa erscheinende, besonders beachtenswerthe hieher gehörige vulkanische Gebilde sind die canarischen Inseln zum Theil, dann die Insel St. Helena; endlich finden sich zahlreiche Erhebungsinseln im grossen Ocean und in der Südsee. — Auch in den Umgebungen erloschener und jetzt noch thätiger Vulkane trifft man häufig Berge, welche nach Art der Erhebungsinseln gebildet wurden, ohne selbst Ausbrüche aus Kratern gezeigt zu haben. Hieher gehören namentlich der Monte Somma am Vesuv, die phlegräischen Felder, vulkanische Gebilde im mittlern Italien, in Sizilien, auf den liparischen Inseln, in der Auvergne, in der Eifel u. s. w.

2. Entstehung von Vulkanen mit Kratern und Ausbrüchen.

Nach bedeutenden Erderschütterungen öffnet sich ein Schlund, eine Spalte, aus welchen grosse Massen von Gasen und Dämpfen hervortreten. Diese schleudern zahllose Gesteine grösstentheils im glühenden Zustand hervor, theils in grössern und kleinern Brocken, theils als Sand und Staub, theils geschmolzen, theils endlich durch Wasserdampf zum Teige verbunden. Diese Gesteinstrümmer umgeben den Schlund, werden in immer grössern Massen übereinander gehäuft und bilden bald in kurzer, bald in längerer Zeit einen Hügel oder Berg, der unten breit ist und nach aufwärts immer schmäler wird, also eine kegelförmige Gestalt erhält. Ein Theil der Gesteine fliesst auch geradezu im geschmolzenen Zustande als Lava aus, verhärtet wieder und trägt so zur Bildung des Berges bei. Dieser besteht dann theils aus mechanisch dicht auf einander gehäuften Gesteinsmassen, theils aus wirklich geschmolze-

nen und wieder erkalteten Gesteinen. — An der Spitze des Kegels bleibt eine Oeffnung, der Krater des Vulkans, aus welcher die Gase und Dämpfe, die im Innern der Erde noch fort erzeugt werden, sich ihren Weg in die Atmosphäre bahnen.

Thatsachen, in geschichtlicher Zeit beobachtet, liefern den Beweis, dass vulkanische Berge nach der eben beschriebenen Bildungsart entstehen. Nur einige wenige dieser Beobachtungen mögen hier als Beispiele angeführt werden: In der Nähe des Aetna entstunden in geschichtlicher Zeit mehrere Kegelberge durch Aufhäufung von Tuffen und Laven; so im Jahr 1669 unweit Catania zwei Kegel von mehr als 400′ Höhe, die jetzigen Monti Rossi. In gleicher Weise bildeten sich im Jahre 1731 mehrere vulkanische Kegel auf den canarischen Inseln. Ferner erzeugte sich auf diese Art im Jahr 1824 ein vulkanischer Kegel auf Lanzerotte. Ebenso wurde im Jahr 1831, mitten im Meere zwischen Neapel und Sizilien, die Insel Ferdinandea (welche aber später wieder verschwand) ungefähr 200′ hoch über die Meeresfläche aufgeschüttet.

In andern Fällen erfolgte die Bildung des vulkanischen Berges durch Emporhebung aus dem Innern der Erde. Diese Hebung geschah in der bereits bei der Geologie des plutonischen Gebirges und der Erhebungsinseln erwähnten Weise. An der Spitze des gehobenen Berges fanden Berstungen statt und dadurch die Bildung der Krateröffnung. — Gleichzeitig mit diesen Hebungen erfolgte dann aber auch die Ausstossung von Auswürflingen und das Ausfliessen von Laven, so dass sich in diesem sehr häufigen Falle beide Entstehungsarten des Berges miteinander vereinigten.

Die Thatsachen, welche für die Hebungen überhaupt angeführt werden können, sprechen auch für die Bildungsweise von vulkanischen Bergen mit Kratern und Ausbrüchen durch Emporhebung der Gesteine des Berges aus dem Erdinnern. — Ueberdiess kennt man Beispiele von solchen Hebungen aus geschichtlicher Zeit, welche ganz besonders zum Belege der Richtigkeit dieser Entstehungstheorie mancher Vulkane dienen.

Die alten Vulkane, welche ehemals Ausbrüche aus Kratern zeigten, sind jetzt grösstentheils erloschen. Es fragt sich daher, aus welchen Merkmalen schliesst man, dass solche Berge ehemals Eruptionen gehabt haben, dass sie also zu den wirklichen Vulkanen, nicht zu den Erhebungsinseln gehören?

Kennzeichen erloschener Vulkane. — Die vulkani-

schen Berge, welche in vorgeschichtlicher Zeit Ausbrüche besassen, unterscheiden sich von den Bergen der Erhebungsinseln schon durch die Kraleröffnungen, welche diesen letztern Bergen gänzlich fehlen. Ferner zeichnen sie sich dadurch aus, dass an ihren Abhängen erstarrte Lavaströme sich zeigen, dass man in ihren Umgebungen grössere oder kleinere Zusammenhäufungen von schlackigen Auswürflingen, von Bimsstein, von Obsidian, von vulkanischem Sand und vulkanischer Asche findet, dass an solchen Bergen und in der Nähe derselben Schwefelansammlungen vorkommen, dass dort häufig Ausströmungen von kohlensaurem Gas (sog. Mofetten) aus Spalten und Ritzen des Berges, oder geradezu aus dem Boden beobachtet werden, endlich dass aus solchen Bergen oder ihren Umgebungen nicht selten heisse Quellen hervorströmen.

Wenn wir nun unzweifelhafte Beweise haben, dass alte vulkanische Berge ehemals wirkliche Ausbrüche zeigten, so liegt die Frage nahe: Werden solche erloschene Vulkane immer unthätig bleiben? Ist es nicht denkbar, dass sie abermals neue Ausbrüche erhalten werden? — Wir können diese Frage nicht geradezu verneinen. Es liegen nämlich Beispiele vor, dass gegenwärtig thätige Vulkane viele Jahrhunderte lang vollkommen ruhig geblieben waren. Ich will zum Belege hiefür nur zwei europäische Vulkane anführen. Der Vesuv hatte von den ältesten geschichtlichen Zeiten an bis zum Jahr 79 nach Christi Geburt nie einen Ausbruch gezeigt. Man hatte ihn allgemein für einen vollkommen erloschenen Vulkan angesehen, als er in dem angegebenen Jahre plötzlich wieder in neue und grosse Thätigkeit gerieth. Der Epomeo auf Ischia hatte einen Ausbruch vor Christi Geburt, dann blieb er über 1300 Jahre gänzlich unthätig und erst im Jahr 1302 erfolgte wieder eine neue Eruption.

Vorkommen erloschener Vulkane. — Die ausgezeichnetsten alten, schon seit vorgeschichtlicher Zeit unthätigen Vulkane finden sich in der Auvergne, in der Eifel und im Siebengebirge, in Catalonien und in Ungarn.

4. Geologisches Alter der alten vulkanischen Gebilde.

Die Gesteine des alten vulkanischen Gebirges haben sich alle, vielleicht mit alleiniger Ausnahme der Melaphyre, erst in den letzten vorgeschichtlichen Perioden, in der jüngsten Tertiärzeit ge-

bildet. — Die folgenden Thatsachen lassen keinen Zweifel an der Richtigkeit dieser Annahme.

Wo alte vulkanische Massen durchbrachen und dadurch Hebungen neptunischer Ablagerungen entstunden, sind nicht nur die ältern und mittlern neptunischen Gebilde gehoben und dislocirt, sondern auch die jüngern, bis einschliesslich zum obern Tertiär-Gebirge. Der Durchbruch der alten vulkanischen Massen erfolgte also, nachdem das obere Tertiär-Gebirge bereits abgelagert war, somit in der jüngsten Tertiärzeit. — Beispiele solcher Hebungen finden sich in Deutschland an verschiedenen Punkten, namentlich im Breisgau und in Frankreich in der Auvergne.

Gänge und Stöcke älterer vulkanischer Gebilde durchsetzen die verschiedensten neptunischen Ablagerungen, von den ältesten des Uebergangs- und Steinkohlen-Gebirges bis zu den jüngsten des obern Tertiär-Gebirges.

Wo solche vulkanische Gänge und Stöcke neptunische Gesteine durchbrochen haben, schliessen sie nicht selten Bruchstücke dieser Gesteine ein. Solche Bruchstücke gehören bisweilen den jüngern Ablagerungen des obern Tertiär-Gebirges an. So finden sich im Klingstein am Fusse des Hohentwiels bei Hilzingen im badischen Seekreis, Diluvial-Gerölle eingeschlossen und in derselben Gegend bei Leipferdingen unweit Geisingen zeigen sich solche Gerölle in einem Basalt-Durchbruch.

Nachdem nun durch diese Thatsachen die verhältnissmässig späte Bildung der ältern vulkanischen Gebilde hinreichend aufgeklärt ist, so kann man die weitere Frage aufwerfen: fand der Durchbruch dieser vulkanischen Massen ungefähr gleichzeitig statt, oder geschah er nach langen Zwischenräumen, so dass die einen dieser Gebilde älter, die andern jünger sind?

Schon die Analogie des alten vulkanischen Gebirges mit den jetzt noch thätigen Vulkanen lässt wohl keinen Zweifel, dass auch in vorgeschichtlicher Zeit die vulkanischen Ausbrüche nicht alle auf einmal, sondern nach und nach mit längern Perioden der Ruhe erfolgten. Dass diess wirklich der Fall war, ergibt sich auch auf das Bestimmteste aus der Thatsache, dass man Gänge vulkanischer Gesteine in andern, also ältern vulkanischen Gebilden wahrnimmt. Man beobachtet insbesondere Gänge von Trachyt und Klingstein in Basalten und Doleriten, zum Beweise, dass manche Basalte und Do-

lerite schon vorhanden waren, als neue Durchbrüche von Trachyt und Klingstein erfolgten.

Unter den alten vulkanischen Gesteinen scheinen die Melaphyre die ältesten zu sein. — Auch die Basalte gehören zu den ältern vulkanischen Gebilden, jedoch in der Weise, dass sich auch diese Gesteine in der Tertiärzeit bis einschliesslich zur Diluvial-Periode erzeugten. — Ungefähr von gleichem Alter mit den Basalten scheinen viele Dolerite zu sein, dann die Klingsteine und manche Trachyte. — Dolerite und Trachyte aber erzeugen sich auch beständig fort bei jetzt noch thätigen Vulkanen und sind also zum Theil ganz neue Gebilde.

Das weit jüngere Alter der vulkanischen Massen, als das der plutonischen, erklärt nun sehr genügend, warum jene in der Regel keine so grossartigen Berge und Gebirgszüge bilden, wie die plutonischen Erzeugnisse. In den spätern geologischen Perioden nämlich, in welchen die alten vulkanischen Gesteine entstunden, war die feste Erdrinde schon weit dicker, als in den ältern geologischen Zeiträumen. Es bedurfte daher einer weit grössern Kraft, um die mächtige, feste Erdmasse zu durchbrechen und es entstunden daher keine so weiten und ausgedehnten Spalten mehr, aus welchen das Ausbruchsgestein hervortreten konnte. Aus diesem Grunde bilden auch die alten vulkanischen Massen so häufig nur Stöcke und Gänge. — Das grosse Hinderniss, welches die bedeutende Dicke der Erdrinde dem Hervortreten vulkanischer Gebilde entgegenstellte, lässt mit Grund vermuthen, dass eine Menge vulkanischer Gesteine gar nicht zum Durchbruch kam, also noch im Innern der Erde verborgen liegt. Solchen nicht zum Ausbruch gekommenen vulkanischen Massen sind sehr wahrscheinlich viele jüngere Hebungen zuzuschreiben. Diese vulkanischen Gebilde mussten noch viel gewaltiger auf die Erdoberfläche wirken, als in den Fällen, wo die hebende Kraft den Durchbruch des vulkanischen Gesteines zu erzwingen im Stande war. Der Druck der Gase und Dämpfe nämlich, sowie der emporquellenden geschmolzenen Gesteinsmassen, auf die feste Erdrinde, musste nothwendig dadurch vermindert, zum Theil ganz aufgehoben werden, dass jene vulkanischen Erzeugnisse sich durch Oeffnung von Spalten ihren Weg an die Erdoberfläche bahnen konnten.

Wenn diese Verhältnisse auch häufig keine so grossartigen Ausbrüche und Emporhebungen alter vulkanischer Gesteine beding-

ten, so traten doch auch wieder nicht selten Umstände ein, welche jenen Ausbruch sehr begünstigten. In diesen Fällen erhoben sich dann die alten vulkanischen Massen in grossen Bergen und Gebirgszügen. Beispiele hievon geben der Aetna und die vulkanischen Berge im Kaukasus und in der Andeskette.

Die spätere Bildung der alten vulkanischen Massen erklärt sehr genügend das im vulkanischen Gebirge so häufige Vorkommen der Mandelsteine. Zur Zeit der Bildung des vulkanischen Gebirges war nämlich die Erde längst zum grossen Theil mit Wasser bedeckt. Wenn dieses nun, wie es auch bei den jetzigen Vulkanen noch der Fall ist, zu dem unterirdischen Heerde der vulkanischen Thätigkeit Zutritt fand, so erzeugten sich grosse Massen von Wasserdämpfen, welche gemeinschaftlich mit den geschmolzenen Gesteinen an die Erdoberfläche hervorbrachen. Diese Dämpfe, in Verbindung mit den vulkanischen Gasen, drangen in Blasen durch den Gesteinsteig und ertheilten diesem die löcherige schlackige Beschaffenheit.

Ebenso leicht wie die Bildung der Mandelsteine, erklärt sich das im vulkanischen Gebirge nicht seltene Vorkommen von zum Glase geschmolzenen Gesteinen. Solche glasige Schmelzungserzeugnisse bilden sich nämlich, wie die Erfahrung bei Hüttenprozessen und bei Versuchen in chemischen Laboratorien lehrt, nur durch schnelles, nicht durch langsames Erkalten. In den ersten Zeiträumen der Erdbildung aber war die Temperatur an der Erdoberfläche noch so hoch, dass nur ein sehr langsames Erkalten erfolgen konnte, daher der Mangel glasiger Felsarten im plutonischen Gebirge. Bei der Bildung der vulkanischen Massen aber, welche erst in der jüngern Tertiärzeit erfolgte, war die Temperatur der Erdoberfläche der jetzigen schon sehr ähnlich; es konnte daher auch ein rasches Erkalten der Gesteine eintreten.

Grosse Hebungen während der jüngern Tertiärzeit.

Der sechste Zeitraum der Erdbildung ist geologisch äusserst merkwürdig durch höchst grossartige Naturereignisse. Es fanden nämlich in dieser Periode die bei weitem grössten Hebungen statt, wodurch die Gestalt der ganzen Erdoberfläche, zumal jene von Europa verändert wurde. Die Gebirge bildeten sich zum grössten Theil in dem Zustand, in welchem wir sie gegenwärtig noch vor uns sehen.

1. Beweise dieser Hebungen.

Eine Reihe der sprechendsten Thatsachen setzt ausser Zweifel, dass sich noch in der jüngsten Tertiärzeit grosse Umwälzungen auf der Erde zutrugen. — Man findet nämlich die Schichten aller neptunischen Ablagerungen, bis einschliesslich zum obern Tertiär-Gebirge, sehr häufig aufgerichtet. — Die jüngern Tertiär-Gebilde, bis einschliesslich zu den ältern Diluvial-Ablagerungen, haben sehr häufig Verwerfungen, Dislocationen im grossartigsten Maassstabe erlitten, sie befinden sich in einer und derselben Gegend in den verschiedensten Höhenlagen.

Es geht aus diesen in den verschiedensten Ländern beobachteten, ganz zuverlässigen Thatsachen hervor, dass das obere Tertiärgebirge, bis einschliesslich zu einem Theil der Diluvialgebilde, schon abgelagert war als jene Umwälzungen eintraten und dass dieselben also sich in den jüngsten vorgeschichtlichen Perioden ereigneten.

2. Verbreitung dieser grossen Hebungen.

Die Angabe der wichtigsten Gegenden, wo die Folgen dieser Katastrophen beobachtet wurden, wird ein Bild von der Grossartigkeit jenes Naturereignisses geben.

In der ganzen Alpenkette Deutschlands und der Schweiz sind die Gesteine der Molasse, also des obern Tertiärgebirges, bedeutend gehoben und dislocirt. Sie waren bereits abgelagert, als ungeheure Hebungen erfolgten, welche eine furchtbare Umwälzung im ganzen Alpengebirge hervorbrachten. Die höchsten Berge in Europa erhielten also erst in verhältnissmässig neuer Zeit ihre jetzige Gestalt und Höhe. — Im ganzen Schweizer-Jura sind nicht nur die jurassischen und Kreidegebilde stark aufgerichtet, sondern auch die Molasse und noch die ältern Diluvial-Ablagerungen haben beträchtliche Dislocationen erlitten. Auch dieses bedeutende Gebirge wurde also erst in der jüngsten Tertiärzeit zu seiner gegenwärtigen Höhe und Gestalt emporgehoben. — Im Schwarzwald und den benachbarten Bergen im Rheinthal und in Schwaben findet man überall die Ablagerungen des obern Tertiärgebirges, Molasse, Süsswasserkalk und ältere Diluvialgebilde, mehr oder weniger stark gehoben und auffallend dislocirt. Auch in diesem ausgedehnten Bezirke traten daher erst in der jüngsten vorgeschichtlichen Periode bedeutende Hebungen und Umwälzungen ein. — Dieselben oder ganz analoge Thatsachen beweisen, dass sich in dem nämlichen

geologischen Zeitraum ganz ähnliche Gebirgs-Bewegungen und Umänderungen im schwäbischen und fränkischen Jura zutrugen, im Thüringerwald, im Erzgebirge und im Riesengebirge.

Auch mehrere Gebirgsketten in Frankreich verdanken ihre jetzige Gestalt den grossen Hebungen in der jüngsten Tertiärzeit; so die Vogesen, die Gebirge der Auvergne und die französischen Pyrenäen. — In Italien gehört die Hebung der ausgedehnten Kette der Apenninen, wo auch die Subapenningebilde aufgerichtet und dislocirt sind, der jüngsten Tertiärzeit an; ebenso die Hebung von Gebirgen auf Corsika, Sardinien und Sizilien. — In derselben geologischen Epoche traten grosse Hebungen ganzer Gebirge in Spanien, in Griechenland ein, dann in England, in Schottland und in den skandinavischen Alpen.

Aeusserst grossartige Hebungen erfolgten ferner auch ausserhalb Europa in der jüngsten Tertiärzeit: am Kaukasus, im Himalaya und in der Andeskette.

Noch kurz vor dem jetzigen geschichtlichen Zeitraum ereigneten sich also ganz ungeheure Bewegungen im Innern unsers Planeten, welche sich über den grössten Theil der Erde ausbreiteten und die Oberfläche derselben umgestalteten!

3. Ursachen dieser schrecklichen Natur-Ereignisse.

Im Innern der Erde mussten Ansammlungen von Feuerprodukten in ungeheuern Massen stattgefunden haben. Diese konnten lange nicht zum Durchbruch kommen, wegen der grossen Dicke der nun ganz erkalteten Erdrinde. Die immer mehr und mehr angehäuften Materialien mussten daher einen ungeheuern Druck ausüben und so endlich die fürchterlichen Hebungen bewirken.

Stellenweise gelang der Ausbruch der Feuerprodukte. In diesem Falle erscheinen dieselben in der Form der alten vulkanischen Gebilde. Diese sind also zugleich Symptome und Beweise dieser grossen unterirdischen Bewegung.

Häufig beobachtet man gerade in den Gegenden, wo solche Durchbrüche vulkanischer Massen stattfanden, besonders grossartige Hebungen. Das ausgezeichnetste Beispiel hievon liefert die Alpenkette mit ihren Melaphyren. L. v. Buch hat es sehr wahrscheinlich gemacht, dass die ungeheure Hebung der Alpen dem Durchbruche der Melaphyre zugeschrieben werden darf. Diese Gesteine ziehen sich, wie wir bereits oben gehört haben, am südlichen Fusse der

Alpen vom Fassathal in Tyrol nach Italien einerseits an den Luganersee, anderseits bis weithin nach Kärnthen. An zahlreichen Stellen, wo die Melaphyre durchbrachen, findet man das Gebirge ausserordentlich gehoben, zerrissen und zertrümmert uud neptunische Gesteine durch Wirkung der Hitze umgewandelt. — Ein zweites Beispiel mag das Schwarzwaldgebirge geben. Dieses hat in seinem südlichen Theil die grössten Hebungen und Zerrüttungen erlitten. Dieser Theil des Gebirges aber liegt zwischen den grossen vulkanischen Durchbrüchen des Kaiserstuhls und Hegaues, mit ihren zahlreichen, vereinzelten Gängen und Stöcken und unfern der grossen Melaphyrdurchbrüche unterhalb der Alpenkette.

Manchmal zeigen sich gerade umgekehrt, da wo vulkanische Durchbrüche erfolgten, keine oder nur unbedeutende Hebungen. Der Durchbruch nämlich wurde zum Ableitungsmittel; indem eine Bahn für die hervorbrechenden Gase, Dämpfe und geschmolzenen Gesteine gebrochen wurde, hörte auch der heftige Druck derselben auf die Gesteine der Oberfläche auf, welche sich früher dem Ausbruch widersetzt hatten. — Zum Belege hievon mag die Thatsache erwähnt werden, dass man ziemlich häufig Basaltgänge neptunische Ablagerungen durchsetzen sieht, ohne dass die Schichten dieser letztern aufgerichtet oder verworfen sind.

4. Art, wie die Hebungen erfolgten.

Wir haben früher gehört, dass die Ausbrüche der alten vulkanischen Gesteine zwar in einem und demselben geologischen Zeitraume stattfanden, aber doch nicht alle gleichzeitig, sondern ähnlich den jetzigen vulkanischen Ereignissen nach langen, gewiss oft sehr weit auseinander liegenden Zwischenräumen. Schon aus dieser Thatsache dürfen wir den Schluss ziehen, der auch noch durch manche andere Beobachtungen bestätigt wird, dass die grossen Hebungen der jüngern Tertiärzeit nicht alle gleichzeitig waren. Man darf nicht zweifeln, dass sie sowohl in den verschiedenen Ländern, in verschiedenen Zeiten der jüngern Tertiärperiode erfolgten, als auch, dass in einer und derselben Gegend während dieser Periode wiederholte Hebungen nach langen Zwischenräumen stattfanden.

Die meisten dieser Hebungen, wo nicht alle, erfolgten rasch und unter ausserordentlichem Druck. — Man findet nämlich die Schichten der jüngern Tertiärgebilde nicht nur sehr stark aufgerichtet, so dass sie manchmal fast senkrecht stehen, sondern öfters auch

noch überstürzt; der Zusammenhang dieser Gebilde ist zerrissen und sehr häufig sind dieselben an verschiedenen Stellen zu bedeutenden Höhen emporgehoben, während sie sich an andern benachbarten Stellen in der Tiefe befinden. Das obere Tertiärgebirge zeigt sich also auffallend gehoben und dislocirt.

Belege hierüber sieht man im grossartigsten Maassstabe in der ganzen Alpenkette. Dort stehen die Schichten der Molassegebilde und der Kreide äusserst häufig sehr stark aufgerichtet und Ueberstürzungen derselben auf weite Strecken sind oft wiederkehrende Erscheinungen. Ebenso zeigen sich in den Alpen die ausserordentlichsten Dislocationen des obern Tertiärgebirges. — Im Schweizer-Jura beobachtet man ebenfalls Hebungen, die mit der grössten Heftigkeit erfolgt sein mussten. Die früher horizontal abgelagerten Gesteine sind dort zu hohen Gewölben emporgedrückt; die Gewölbe sind häufig geborsten und aus der dadurch entstandenen grossen Spalte wurden die tiefer liegenden Gesteine zu Tage hervorgepresst; alle Schichten zeigen starke Neigung. An diesen bedeutenden Hebungen nahmen nicht nur die jurassischen Ablagerungen Antheil, sondern auch die Kreide und die Molasse. — Im Schwarzwald zeigen sich ebenfalls grosse unter raschem und heftigem Druck erfolgte Hebungen. Man sieht am Westabhang des Gebirges die Schichten des obern Tertiärgebirges stark aufgerichtet und in den verschiedensten Höhenlagen, also mit starken Dislocationen. Im Innern des Schwarzwaldgebirges beobachtet man grossartige Zerreissungen, Zertrümmerungen und Verwerfungen der bunten Sandsteine. Diese Ablagerung, der bunte Sandstein, findet sich an beiden Abhängen des Gebirges, im Rheinthal und in Schwaben, dann fehlt er in einer gewissen Höhe auf den plutonischen Bergen gänzlich und erscheint dann auf einmal wieder auf den Höhen dieser Berge und dort in einem Zustand von grosser Zertrümmerung. Offenbar bildete der bunte Sandstein ursprünglich eine zusammenhängende Ablagerung, vom östlichen bis zum westlichen Rande des Schwarzwaldgebirges. Bei den grossen Hebungen der jüngsten Tertiärzeit wurden die plutonischen Berge des Schwarzwaldes rasch zu einer viel bedeutendern Höhe emporgedrückt, dadurch der Zusammenhang der Sandsteinablagerung unterbrochen, zerrissen, so zwar, dass ein Theil der Sandsteine an den beiden Abhängen des Gebirges zurückblieb, ein anderer mit den plutonischen Bergen selbst aber zu beträchtlichen Höhen emporgehoben wurde. Schon

die bedeutende Zertrümmerung der Sandsteine auf den Höhen der Schwarzwaldberge beweist, dass diese Hebungen nicht langsam, sondern rasch und unter heftigen Erschütterungen erfolgten.

Siebenter Zeitraum.

Bildungen aus geschichtlicher Zeit.

Die siebente Periode umfasst die geologischen Ereignisse, die sich in geschichtlicher Zeit zutrugen, über welche daher Beobachtungen theils durch Ueberlieferungen, theils durch genauere historische Nachweisungen bekannt wurden.

Es ist in vielen Fällen sehr schwierig eine genaue Grenzlinie zu ziehen zwischen dem Aufhören der Tertiärzeit und dem Beginn der geschichtlichen Periode. Man stösst desshalb oft auf Schwierigkeiten, wenn es sich darum handelt zu entscheiden, ob ein Gebilde noch der Tertiärzeit oder dem siebenten geologischen Zeitraum angehöre. Bei neptunischen Ablagerungen ist diese Frage zwar in dem Falle leicht zu beantworten, wenn die Ablagerung organische Reste enthält. Obgleich die Versteinerungen der Tertiärzeit nur theilweise spezifisch verschieden von den jetzt noch lebenden Pflanzen und Thieren sind, so kommen doch in jeder tertiären Ablagerung, neben den beiden Zeiträumen gemeinschaftlichen, stets auch Versteinerungen von Pflanzen und Thieren vor, die entschieden mit dem Abschluss des Diluviums ausgestorben oder wenigstens an der fraglichen Localität verschwunden sind. — Nicht selten aber sind die neuern und neuesten neptunischen Gebilde ganz frei von organischen Resten, so namentlich viele Anschwemmungen von Lehm, Sand und Geröllen. — Wurden die neuern Gebilde durch die Wirkung des Feuers erzeugt, so bleibt vollends kein anderes Mittel übrig zur Unterscheidung älterer und neuerer vulkanischer Bildungen, als zu den letztern blos jene zu stellen, über deren Entstehung geschichtliche Nachrichten vorhanden sind.

Wie in den meisten geologischen Zeiträumen, so entstunden und entstehen noch in geschichtlicher Zeit theils Feuererzeugnisse, theils Absätze aus Wasser, theils endlich werden Gesteine durch verschiedene Einflüsse umgewandelt. Alle diese Bildungen gehen bekanntlich gleichzeitig, also nebeneinander vor sich, und sie dauern beständig noch fort. Bei der geschichtlichen Methode zur Beschrei-

bung der geologischen Erzeugnisse kann man daher, wie bei der Beschreibung mehrerer anderer geologischer Zeiträume, auch in der Geschichte dieser siebenten Periode entweder mit den neptunischen oder mit den vulkanischen (beziehungsweise plutonischen) Bildungen beginnen. Da in den vorigen Abschnitten die neptunischen Ablagerungen immer zuerst erwähnt wurden und nach denselben erst die Feuererzeugnisse, so möge diese Ordnung auch bei der geologischen Geschichte des siebenten Zeitraumes befolgt werden. Es soll also in diesem letzten Abschnitt zuerst von den neptunischen Ablagerungen aus geschichtlicher Zeit die Rede sein, dann von den vulkanischen Gebilden dieser Periode. Endlich wird es nothwendig werden auch die Zerstörungen etwas näher zu erwähnen, welche die Erdoberfläche durch verschiedene Einflüsse in der jüngsten geologischen Periode erlitten hat und noch immer erleidet.

I. Neptunische Ablagerungen aus geschichtlicher Zeit.

(Alluvial-Gebilde. Alluvium. Quartär-Gebilde.)

Die Gebilde dieser Abtheilung stehen meistens an Grossartigkeit der Ablagerung den neptunischen Erzeugnissen der ältern Zeiträume weit nach und sind daher in dieser Beziehung von geringerem Belang. Allein sie erhalten dadurch einen hohen Grad von wissenschaftlicher Wichtigkeit, dass sie beständig noch unter unsern Augen entstehen, und uns daher Aufschluss geben über die Bildungsweise der alten neptunischen Ablagerungen. Sie liefern den Schlüssel zur Erklärung vieler geologischer Erscheinungen und verdienen schon in so ferne unsere volle Aufmerksamkeit.

Betrachten wir nun von diesen neuern neptunischen Gebilden zuerst die jüngern Meeresbildungen, dann die jüngern Süsswassergebilde und zuletzt die Erzeugnisse der Quellen.

Erster Abschnitt.

Jüngere Meeresbildungen.

Die Ablagerungen, welche das Meer erzeugt, entstehen theils unter starker Bewegung des Wassers, theils sind sie ruhige Absätze.

Das Meer bildet Gesteinsablagerungen aus bewegtem Wasser bei Stürmen, bei der Fluth, durch die regelmässigen Meeresströmungen und durch die gewöhnliche Bewegung der Wellen. — Das stark bewegte Meer führt theils grössere Trümmermassen herbei und erzeugt dadurch mehr oder weniger beträchtliche Ablage-

rungen von Geröllen; theils schwemmt es die Gehäuse von Seethieren an, welche dann öfters ganze Muschelbänke bilden und bisweilen zu fest zusammenhängenden Massen, Muschelconglomeraten, erhärten; theils und besonders häufig führt es mehr oder weniger beträchtliche Sandmassen herbei, die bald nur lose Ablagerungen erzeugen, bald und minder häufig sich zu Sandsteinen verdichten; theils endlich werden auch durch das bewegte Meer Ablagerungen von Thon-, Mergel- und Kalkschlamm oft in beträchtlichem Umfange gebildet. — Das ruhige oder nur wenig bewegte Meer setzt im Wesentlichen dieselben Gebilde ab, wie das stürmische, jedoch mit Ausnahme der beträchtlichern Geröllanschwemmungen, welche immer eine Folge heftiger Strömungen sind.

a. Bedeutendere Anschwemmungen von Geröllen am Meeresufer entstehen, wo die Umstände sich hiezu günstig zeigen, d. h. wo die örtlichen Verhältnisse es gestatten und wo sich das nöthige Material zur Geröllbildung findet, bei heftigen Stürmen und bei sehr starker Fluth. Die Trümmer, welche von festen Gesteinen losgerissen worden sind, werden nicht selten zu beträchtlichen Wällen oder Dämmen über einander gehäuft. In diesen Geröllwällen ist die Grösse der Trümmer sehr verschieden, und diese liegen ohne Ordnung und ohne eine Spur von Schichtung, grosse und kleine durcheinander. Es ist diess eine nothwendige Folge der heftigen Bewegung des Wassers, während sich aus ruhigen Wassern die Trümmer nach ihrem Gewicht (die grössten zu unterst) und bisweilen mit deutlichen Zeichen von Schichtung ablagern. — Solche Geröllwälle, durch die Meere der Neuzeit aufgehäuft, besitzen oft nicht nur eine beträchtliche Längenausdehnung, sondern sie erreichen auch nicht selten eine ansehnliche Höhe und Breite. So hat sich z. B. bei Hurst-Castle in England ein Geröllwall von 12′ Höhe und über 200′ Breite gebildet; die Halbinsel Portland wird mit dem Festlande durch einen Geröllldamm verbunden, dessen Länge ungefähr 17 englische Meilen und die Breite an den meisten Stellen fast ¼ Meile beträgt (Lyell, Grundsätze der Geologie I, 243—244).

Die fortschaffende Gewalt der stürmisch bewegten Meeresfluthen ist oft ganz ausserordentlich und in sofern von geologischer Wichtigkeit als sie uns die Grossartigkeit mancher urweltlicher Geröllablagerungen zu erklären vermag. Ein paar Beispiele mögen

daher hier ihre Stelle finden. Während eines Sturmes im November 1824 wurden an der Südküste von England, nach den Angaben von De la Beche, Blöcke von 40 bis 100 Centnern wie kleine Geschiebe umhergetrieben, und ein Kalksteinblock von 140 Centnern ward 150 Fuss weit fortgeschwemmt. Auf der Insel Stenness werden, nach Hibbert und Lyell, in stürmischen Wintern durch die Meereswogen ungeheure Felsblöcke, darunter solche bis zum Durchmesser von 8 bis 17′ »auf einer etwas geneigten Fläche unglaublich weit weggeführt«.

Bisweilen verkitten sich die von den heutigen Meeren zusammengeschwemmten Geröllmassen durch ein kalkiges oder mergeliges Bindemittel, so dass sie Conglomerate bilden, ähnlich jenen der urweltlichen Zeiträume. Solche neue Conglomeratbildungen beobachtet man z. B. an den Küsten von Dänemark, an jenen des mittelländischen und adriatischen Meeres, an den Küsten von Griechenland und Kleinasien.

b. Das Meer schwemmt häufig an seinen Gestaden Gehäuse von Schaalthieren zu ganzen Muschelbänken zusammen. Meistens liegen diese Gehäuse nur lose zwischen Sand, Mergel oder Thon; bisweilen werden sie durch ein kalkiges, mergeliges oder sandiges Bindemittel mehr oder weniger fest zusammengehalten und bilden dann sog. Muschel-Conglomerate. Diese findet man an den Ufern verschiedener Meere an vielen Punkten, so namentlich am adriatischen, am mittelländischen Meere, an den Küsten von Griechenland und besonders an den Seegestaden der wärmern Zonen. Die neuen Muschel-Conglomerate unterscheiden sich sehr leicht und bestimmt von jenen der ältern geologischen Perioden dadurch, dass sie blos Schaalthiere enthalten, welche gegenwärtig noch in dem Meere leben, an dessen Ufern das Conglomerat gefunden wird.

Von besonderem Interesse sind solche neuere Muschelbänke, welche man in verschiedenen Gegenden hoch über dem jetzigen Meeresspiegel antrifft. Das Vorkommen dieser Muschelbänke an Stellen, welche das Meer gegenwärtig nicht mehr erreicht, liefert nämlich den Beweis, dass auch nach der Tertiärperiode und noch in geschichtlicher Zeit Hebungen des Landes erfolgt sind, da bekanntlich ein Sinken des Meeresspiegels nicht stattfindet. Die folgenden Thatsachen mögen zum Belege dieser geologisch wichtigen Wahrnehmung erwähnt werden: An den Küsten von Schweden und

d. Die Erzeugung neuer Kalksteine, als Absatz aus den heutigen Meeren, ist eine ausser Zweifel gestellte, genau beobachtete Thatsache, die wieder wegen ihres geologischen Interesses eine nähere Erwähnung verdient. — Solche Ablagerungen von Kalksteinen bilden sich z. B. an den Küsten des mittelländischen Meeres, namentlich in den Umgebungen von Nizza. Diese neuen Gebilde erlangen dort eine so grosse Härte, dass sie polirt werden können und sie schliessen zahlreiche Reste von Seegeschöpfen ein, welche gegenwärtig noch in dem dortigen Meere leben. Aehnliche Ablagerungen beobachtet man in den Umgebungen der Rhonemündungen und an den Ufern des adriatischen Meeres. — An den Küsten von Kleinasien setzen sich an verschiedenen Stellen so beträchtliche Massen von Kalksteinen ab, dass die Ufer bedeutend erhöht werden und »die Landgewässer sich andere Auswege suchen müssen«. — Die Kalksteinbildungen auf Quadeloupe, welche neben Seethieren des dortigen Meeres menschliche Skelette einschliessen und die durch diese Einschlüsse früher grosses Aufsehen erregten, gehören ebenfalls zu diesen jugendlichen Meeresbildungen. Aehnliche Absätze trifft man noch an den Ufern mehrerer anderer westindischer Inseln. — Eine besondere Erwähnung verdient noch die Bildung eines Rogensteines, welcher nach den Beobachtungen von L. von Buch auf den canarischen Inseln, bei der Stadt Las Palmas auf Canaria, fortwährend durch das Meer erzeugt wird. Das durch den Nordost-Passatwind, welcher dort den ganzen Sommer hindurch weht, heftig bewegte Meer wühlt Kalkschlamm auf, der mit kleinen Bruchstücken zertrümmerter Muscheln und abgerundeten Körnchen von Basalt und Trachyt gemengt an die Küste geworfen wird. An den von dem Winde geschützten Stellen setzt das Wasser den Schlamm ab, welcher nach und nach zu einer festen, sinterigen Masse erhärtet, die dann weggebrochen wird und wegen ihrer porösen Beschaffenheit als Filtrirstein dient. Diese Filtrirsteine haben grosse Aehnlichkeit mit jurassischen Rogensteinen. Den Kern der einzelnen Rogenkörner bildet gewöhnlich ein kleines Bröckelchen von Basalt oder Trachyt, oft auch ein Bruchstück einer Muschel.

Von der Bildung grösserer Kalksteinmassen im Meere durch Polypen und Foraminiferen ist bereits früher, in der Einleitung S. 56 u. f., die Rede gewesen.

e. Die in den heutigen Meeren gebildeten Ablagerungen zeigen sehr oft regelmässige Schichtung, ähnlich den neptunischen

Gebilden der urweltlichen Zeit. Wenn nämlich das Meer eine Masse von Thon-, Kalk- oder Sandschlamm oder von mit solchem Schlamm gemengten Geröllen abgesetzt hat und diese Masse einige Zeit von den Wellen nicht mehr erreicht wird, so trocknet sie ein und erhärtet. Wird dann dieser Absatz neuerdings von den Fluthen bespühlt, so lagert sich auf die bereits vorhandene eine neue Masse von Thon-, Kalk- oder Sandschlamm ab. Diese erhärtet unter günstigen Umständen wieder, dann findet später eine neue Anschwemmung statt u. s. f. Die in dieser Weise nach einander gebildeten und eingetrockneten Absätze liegen nun schichtenweise übereinander, jede Schichte bezeichnet eine besondere Ablagerungszeit und die Schichtung ist um so deutlicher, wenn Absätze von verschiedener mineralogischer Beschaffenheit, z. B. verhärtete Thon- und Sandmassen mit einander wechseln.

f. Die von den jetzigen Meeren gebildeten Ablagerungen erreichen manchmal eine sehr beträchtliche Ausdehnung, welche uns eine Erklärung über den grossen Umfang mancher urweltlicher neptunischer Gebilde zu gewähren vermag. Jene Ablagerungen entstehen theils dadurch, dass das Meer stellenweise die Küsten zerstört und den Schlamm auf dem Meeresgrunde aufwühlt, dann die losgetrennten Massen an geeigneter Stelle wieder anschwemmt; theils bilden sie sich dadurch, dass dem Meere noch Material durch die Flüsse zugeführt wird. In diesem Falle werden die neuen Anschwemmungen besonders mächtig und umfangreich. Man beobachtet sie desshalb sehr häufig und auffallend am Meeresufer in den Umgebungen der Flussmündungen. Es dürfte daher passend sein, diese gemeinschaftliche Wirkung des Meeres und der Flüsse zusammenzufassen.

Auf viele Meilen weite Strecken hin wird nicht selten die Küste unter unsern Augen von Meeres- und Süsswasser-Ablagerungen bedeckt und neues Land in beträchtlicher Längenausdehnung und im Laufe der Zeiten auch in ansehnlicher Breite angeschwemmt. Städte und Dörfer, welche früher am Meeresufer lagen, befinden sich jetzt in manchen Gegenden, je nach der Dauer der Anschwemmungen, in grösserer oder geringerer Entfernung von der Küste. Einige beachtenswerthe Beispiele aus alter und neuer Zeit mögen zum Belege dieser Vergrösserungen des Landes, welche in geschichtlicher Zeit erfolgten, eine kurze Erwähnung finden.

Die Ruinen der berühmten alten phönizischen Seestädte Sidon

und Tyrus liegen jetzt weit landeinwärts, Sidon sogar ungefähr eine kleine Stunde von der Küste entfernt. — Cap Krio in Kleinasien wird von Strabo als eine Insel beschrieben und hängt gegenwärtig durch eine Landenge mit dem Festland zusammen. An den Küsten von Kleinasien überhaupt beobachtet man schon seit der Römerzeit und bis jetzt vielfache Vergrösserungen des Landes an den Seeufern.

Die Küsten des arabischen Meerbusens haben durch Anschwemmungen in geschichtlicher Zeit besonders auffallende Vergrösserungen erlitten, insbesondere in den östlichen Gegenden, wo man zahlreiche Trümmer alter, jetzt vom Ufer weit entfernter und daher verlassener Seestädte findet. So war Musa im ersten Jahrhundert nach Christi Geburt ein sehr besuchter Seehafen und liegt jetzt mehr als sechs Meilen vom Ufer. Die alte Seestadt Shargiah befindet sich jetzt 3½ Meilen von der Küste entfernt. Der noch im vierzehnten Jahrhundert berühmte Hafen von Alafakah ist seit langer Zeit unbrauchbar. Ebenso endlich liegen die alten Seestädte Hali und Jambia jetzt entfernt von der Küste, die letztere sogar eine Tagreise weit. — Auch die Landenge von Suez vergrössert sich durch Anschwemmungen sehr merkbar. So lag z. B. die alte Stadt Heroopolis zu Herodots Zeit am Ufer des rothen Meeres und jetzt ist sie weiter von demselben entfernt, als von dem mittelländischen.

Auch in Europa kennt man viele Vergrösserungen der Seeküsten seit geschichtlicher Zeit durch Anschwemmungen theils des Meeres allein, theils unter Mitwirkung der Flüsse. — Die Lagunen von Venedig sind z. B. in so hohem Grade der Versandung unterworfen, dass nur die beständige Anwendung künstlicher Mittel das Ansetzen von festem Lande in dieser Gegend verhindert. An den Küsten von Massa und Karrara schwemmt das Meer den Sand in so beträchtlicher Menge an, dass sich nach der Behauptung von Spallanzani die Küste bei Karrara vom Jahr 1750 bis 1783 um 475′ vergrössert haben soll. — An den Küsten des mittelländischen Meeres, von den Rhonemündungen bis gegen Spanien hin fanden ebenfalls in geschichtlicher Zeit beträchtliche Anschwemmungen statt. Nôtre Dame des Ports, noch zu Anfang des 10. Jahrhunderts ein Seehafen am Etang de Mauguio, liegt jetzt über eine halbe Stunde vom Ufer. Psalmodi lag im 9. Jahrhundert auf einer Insel und befindet sich jetzt auf dem Festlande gegen zwei Stunden vom Meere entfernt. Die Inseln, auf welchen früher Agde und Cette lagen, sind gegen-

wärtig mit dem Festlande verbunden. — Auch am atlantischen Meere kennt man beachtenswerthe Vergrösserungen der Küsten, besonders in den Umgebungen von Oleron und La Rochelle. In dieser Gegend wurden bei Bourgneuf in 25 Jahren über 500 Hectaren kultivirbares Land gewonnen. Im Jahre 1840 kamen dort die Trümmer eines 1752 an der Küste gescheiterten, englischen Kriegsschiffes mitten in einem neu angelegten Felde, beim Urbarmachen desselben zum Vorschein. Bei Oleron muss ein Salzsumpf alle 25 Jahre höher gelegt werden, weil er dann tiefer geworden ist als der Meeresspiegel. — In Ostfriesland entstund in Folge von grossen Zerstörungen durch die Fluthen seit dem 13. Jahrhundert ein neuer Meerbusen, der Dollart, welcher gegen sechs Quadratmeilen einnahm. Später aber wurde dort wieder neues Land angeschwemmt, welches jetzt schon einen Umfang von 3½ Quadratmeilen einnimmt. Dadurch wurde der Ort Bunda, welcher nach der Bildung des Dollart während ein paar Jahrhunderten ein Seehafen gewesen war, wieder eine Stunde weit vom Ufer entfernt *.

Diese Beispiele mögen genügen, um Belege zu liefern, dass auch noch in geschichtlicher Zeit beträchtliche Anschwemmungen neuen Landes, also ausgedehnte und mächtige neptunische Bildungen stattgefunden haben.

Nicht nur an den Ufern schwemmt das Meer beständig noch beträchtliche Ablagerungen an, sondern es bildet auch Absätze von grosser Ausdehnung und Mächtigkeit in seinen Tiefen auf dem Meeresgrund. Solche Ablagerungen wurden namentlich im deutschen Meere beobachtet und von Stevenson beschrieben, der eine Karte über die Lage, Ausdehnung und Höhe der dort neu gebildeten Sandbänke liefert.

Zweiter Abschnitt.

Jüngere Süsswasser-Gebilde.

Durch die Seen, Flüsse und Bäche und durch von verschiedenen Ursachen herbeigeführte Ueberschwemmungen wurden in geschichtlicher Zeit Ablagerungen gebildet, die nicht selten eine ansehnliche Ausdehnung und Mächtigkeit erreichen. Diese neuen Süsswasser-

* In dem ersten Bande von K. E. A. von Hoff's Geschichte der durch Ueberlieferung nachgewiesenen Veränderungen der Erdoberfläche, welchem Werke die oben angeführten Beispiele grösstentheils entnommen sind, findet man noch viele andere hieher gehörige Fälle.

Gebilde verdienen, ähnlich den Absätzen aus den jetzigen Meeren, desshalb für geologische Zwecke Beachtung, weil sie lehrreiche Aufschlüsse über die urweltlichen Süsswasser-Ablagerungen geben.

Die Süsswassergebilde der Neuzeit werden entweder durch heftige Strömungen herbeigebracht, oder aber sie sind ruhige Absätze.

Erste Abtheilung. Süsswasser-Anschwemmungen durch heftige Strömungen.

Die grössten Verheerungen entstehen in Folge heftiger Strömungen, wenn grössere Wasseransammlungen gewaltsam durchbrechen und mit starkem Fall sehr rasch abfliessen. Diess geschieht namentlich beim Durchbruch von Seen, oder vorübergehend aufgestauten grössern Wassermassen, dann in höhern Gebirgsgegenden, bei grossen Wolkenbrüchen, anhaltenden Regengüssen oder beim plötzlichen Schmelzen bedeutender Mengen von Schnee. — Einige hieher gehörige Thatsachen mögen Beispiele von der ausserordentlichen Gewalt heftig strömender Wasser geben und dadurch Anhaltspunkte zur Beurtheilung ähnlicher Wirkungen in urweltlicher Zeit.

Im Jahr 1810 durchbrach der Long Lake in Nordamerika seinen Damm in einer Breite von mehreren Ruthen. Dieser See besass vor dem Ausbruch eine Länge von 1½ englischer Meilen und eine Breite von ½ bis ¾ Meilen. Mit ungeheurer Schnelligkeit strömte das Wasser in das Thal und riss Bäume, Erde und Felsen mit sich fort, wobei es einen Kanal von ¼ englischer Meile Breite und 50—80′ Tiefe aushöhlte. Da die Gegend längs des Seeausflusses völlig ungelichtete Waldungen enthielt, so richtete die Ueberschwemmung in denselben ganz ausserordentliche Verheerungen an. Die Menge des zusammengeschwemmten Holzes war erstaunlich, stellenweise wurde das Land weithin bis zu 20′ hoch damit überdeckt und an Plätzen, wo starker Widerstand den Strom beengte, sogar 60 bis 80′ hoch. Die Bäume waren stark beschädigt, ihre Stämme von Rinde entblösst und die Aeste abgebrochen. Der Boden des ganzen Thales, durch welches der Strom sich ergoss, wurde mit grössern und kleinern Felstrümmern bedeckt. Als die Strömung in einer offenen Gegend ihr Ende erreichte, 17 englische Meilen unterhalb des Seedurchbruchs, führte das Wasser noch eine Felsmasse, wohl hundert Tonnen schwer, viele Ruthen weit fort.

Sehr grosse Verheerungen bewirkte der Durchbruch einer grossen Wasseransammlung im Bagnethal in Unterwallis. Dort

hatte sich in den kalten Jahren 1816 und 17 der Getrozgletscher sehr vergrössert. Es stürzten bedeutende Eismassen von demselben in das enge Thal und füllten dieses endlich so vollständig aus, dass ein hoher und dicker Eisdamm entstund, welcher den Abfluss der Dranse gänzlich hemmte, so dass dieselbe zu einem See anschwoll, von 10 bis 12000′ Länge, 400′ mittlerer Breite und 200′ mittlerer Tiefe, dessen Inhalt somit über 800 Millionen Kubikfuss Wasser betrug. Durch Vorkehrungen zur Abwendung der Gefahr eines plötzlichen Durchbruches wurde die Wassermenge des Sees bis auf 530 Millionen Kubikfuss vermindert. Nun aber erfolgte der Einsturz des Eisdammes in einer Breite von 80—90′ und die ganze Wassermasse entleerte sich plötzlich. Mit der grössten Heftigkeit stürzte sich die Fluth das Thal hinunter und richtete in demselben die fürchterlichsten Verheerungen an. In der Schlucht von Ceppi riss der Strom die ungeheuern Felsstücke mit sich fort, die hier im Flusse lagen. In dem Thale von Bonatschisse überdeckte er die Wiesen mit Geröll und Felsblöcken und schwemmte die 42 Alpenhütten weg. Mit ihren Trümmern beladen stürzte sich die Fluth aufs Neue in eine Schlucht, in der sie verschwand, riss einige 30 Alpenhütten zu Brecholai, wo sie wieder zum Vorschein kam, mit fort und dann den Wald von Limounaire mit seinen gewaltigen Tannen. Das Wasser stürzte mit fürchterlichem Brausen und Toben, Balken und ungeheure Felsstücke mit sich reissend, von denen einige in die Luft geschleudert wurden, mit unbeschreiblicher Gewalt fort. Aus der sehr engen Schlucht vor Lourtier ergoss sich die Fluth in das eigentliche Bagnethal und vor ihr her ein ganzer Berg von Trümmern, der sich bis zur Höhe von mehr als 300′ erhob. Gleich bei Lourtier setzte die Strömung in dem sich erweiternden Thale die grössten Felsmassen ab, die sie mit sich führte, weiterhin immer kleinere bis Bagnegrand. Das ganze Thal von Bagne wurde auf diese Art 2 bis 20′ hoch mit Trümmern überdeckt. In den erweiterten Thalstellen lagen 10—30 Kubikfuss grosse Geschiebe, fast so hoch aufgethürmt als das Wasser strömte und zwischen St. Branchier und Martigny schwemmte das Wasser viele Hunderte von Granitblöcken los und wälzte sie mehrere tausend Fuss weit fort. Zu Martigny, 7 Stunden von dem Gletscher, hatte das Wasser noch 14′ Höhe und liess dort auf dem Marktplatz einen Felsen von 50′ im Umfang.

Diese Beispiele mögen genügen, um ein Bild über die Wirkung

von Seedurchbrüchen zu geben. — Sehr grosse Zerstörungen bringen ferner **Bergströme** im Hochgebirge hervor, wenn sie durch rasches Schmelzen des Schnees, durch anhaltende Regengüsse und ganz besonders, wenn sie durch Wolkenbrüche bei Gewittern angeschwollen sind. Diese Wirkungen von Bergströmen wurden genau von Surel beschrieben, dem ich hier bei der kurzen Schilderung dieses Gegenstandes grösstentheils folge.

Wenn ein Bergstrom durch Anschwellung seiner Wasser ausbricht, so hat sich vorher im Innern des Gebirges in einem von hohen Bergen umgebenen Thalkessel, oder in einem trichterförmigen Aufnahmsbecken eine mehr oder weniger beträchtliche Wassermasse angesammelt. Aus diesem Behälter stürzt dann das Wasser hervor, wühlt sich an engen Thalstellen einen Kanal aus und schwemmt, wo das Thal breiter wird, Trümmermassen zusammen. Da, wo diese Trümmer aufgehäuft werden, ist oft die ganze Gegend auf weite Erstreckung damit bedeckt, alle Vegetation zerstört und der Boden in eine unfruchtbare Wüste verwandelt. Die Trümmermassen werden zu hohen und ausgedehnten Stromwällen aufgehäuft. Diese Schuttwälle, welche theils zu beiden Seiten des Thales, theils quer in diesem liegen, erreichen manchmal die beträchtliche Höhe von mehr als 200′ und man begreift kaum, wie ein Bach, der in der trockenen Zeit oft so klein wird, dass er fast unter den Trümmern verschwindet, durch die Anschwellung seiner Wasser so ausserordentliche Verheerungen anrichten kann. Diese Stromwälle haben abgerundete Gestalten, mit dem steilen Abfall thalaufwärts und mit dem sanften thalabwärts. Man findet sie hauptsächlich am Ausgang von Schluchten und von Thalverengungen. — Der angeschwollene Bergstrom führt Schlamm, Sand, Grus, Gerölle und grosse Blöcke herbei. Die leichtern Materialien werden vorzüglich im Thalgrunde und an sanftern Gehängen abgesetzt, während die grössern Blöcke auch an steilen Abhängen liegen bleiben, von welchen die Gewalt der Strömung die leichtern, kleinern Trümmer wieder fortschwemmt. Man findet unter den Trümmern der Bergströme bisweilen solche Blöcke von ganz ausserordentlicher Grösse, so zwar, dass sie die Höhe von 10 bis 20′ und darüber erreichen. Wenn der Strom auch so grosse Blöcke wohl nicht weit fortzuführen vermochte, so ist doch ausser Zweifel, dass er sie eine gewisse Strecke weit fortbewegen kann. — Bisweilen findet man einzelne Blöcke auf dem

Gipfel eines Stromwalls, der später durch die Gewässer zerstört wurde und dadurch eine kegelförmige Gestalt annahm.

Die Wirkung der Bergströme wird besonders dann sehr grossartig, wenn der Wasserausbruch ganz plötzlich erfolgt. In diesem Falle kündigt, nach Surel, ein dumpfes Getöse im Innern des Gebirges den Ausbruch an und ein Sturmwind stürzt aus der Gebirgsschlucht hervor. Wenige Augenblicke darauf erscheint der Bergstrom, ähnlich einer Wasserlawine, einen grossen Haufen übereinander gethürmter Blöcke vor sich herrollend und seine Stosskraft ist so heftig, dass man Blöcke in die Höhe springen sieht, ehe das Wasser wahrgenommen wird. Ja selbst der Windstoss, welcher dem Bergstrom vorausgeht, schleudert nicht selten Blöcke, umgeben von Staubwolken in die Höhe. Surel führt eine Reihe von unmittelbaren Beobachtungen an, welche über diese ausserordentliche Wirkung der Hochgebirgsströme keinen Zweifel lassen.

Sehr bedeutende Verheerungen der Bergströme, wenn auch nicht in dem grossartigen Maassstabe, wie in den Alpen, kommen sehr häufig bei Ueberschwemmungen in niedrigern Gebirgen vor. Auch hier werden oft, zumal beim Anschwellen und Austreten der Bäche in Folge von Wolkenbrüchen, die Thäler auf weite Strecken hin mit Schlamm, Sand und Gesteinstrümmern überdeckt. Es ist auch dort nichts Seltenes, zu sehen, dass mehrere Fuss mächtige Schuttmassen aufgehäuft und viele Zentner schwere Blöcke von den Fluthen fortgewälzt werden.

Zweite Abtheilung. Ruhige Absätze aus Bächen, Flüssen und Seen.

Ohne dass ausserordentliche Anschwellungen der Wasser und dadurch Ueberschwemmungen erfolgen, lagern sich bekanntlich aus Bächen, Flüssen und Seen oft beträchtliche Mengen von Schlamm, Sand und Geröllen ab. Diese Ablagerungen erreichen nicht selten einen bedeutenden Umfang und gewinnen dadurch geologisches Interesse, sofern sie zur Bildung neuen Landes Anlass geben und uns Aufklärung verschaffen über ähnliche urweltliche Anschwemmungen. Zu diesen Absätzen gehören vorzugsweise jene, welche an der Ausmündung der Flüsse eine Gabelung derselben, eine sog. Delta-Bildung hervorbringen. Gerade gegenüber ihrer Ausmündung nämlich schwemmen die Flüsse Schlamm, Sand und Gerölle an, welche sich nach und nach zu so grossen Massen aufhäufen,

dass das Fortströmen des Flusses in gerader Richtung verhindert und eine Theilung desselben in zwei Arme bewirkt wird. Die aufgehäuften Materialien bilden einen oben flachen Stromwall, welcher von der Flussmündung aus mehr oder weniger weit in das Meer hineinragt, so dass das Delta durch diesen Vorsprung des Stromwalles, durch sein Hervorragen über die Küste hinaus schon von ferne sichtbar wird. — Sehr viele Flüsse, wiewohl durchaus nicht alle, zeigen solche Deltabildungen. Man beobachtet dieselben besonders an den Ausmündungen des Rheins, der Schelde und Maas, der Donau, der Rhone, der Etsch und des Po; dann ausser Europa an den Ausflüssen des Nils, Ganges, Euphrats, Tigris, des Missisipi u. s. w. — Die von den Strömen herbeigeführten losen Materialien lagern sich in besonders reichlicher Menge zu beiden Seiten der Flussmündung ab und bewirken dadurch eine Vergrösserung der Seeküste, eine Bildung neuen Landes, im Laufe der Zeit nicht selten in beträchtlicher Ausdehnung. Man kennt viele Beispiele, dass durch diese Anschwemmungen die Gestalt der Küsten in den Umgebungen der Flussmündungen nach Umfluss von Jahrhunderten sich gänzlich verändert und die Ströme selbst andere Richtungen ihres Ausflusses erhalten haben. In auffallendem Grade gingen solche Veränderungen vor sich an den Mündungen des Rheins, der Donau, des Po und der Etsch, des Nils, des Ganges, Euphrats und Tigris u. s. w.

Auch in dem Bette grosser Flüsse, nicht nur an ihren Ufern und Ausmündungen, finden öfters beträchtliche Zusammenschwemmungen von Geröllen, Sand und Schlamm statt, so zwar, dass sich dieselben im Flusse selbst zu Stromwällen aufhäufen. Diese ragen endlich über die Oberfläche des Wassers hervor und bilden dadurch I n s e l n im Strome. Ausgezeichnete Beispiele hievon liefert der Rhein.

Die durch D i a t o m e e n gebildeten Süsswasser-Ablagerungen wurden bereits in der Einleitung S. 63 u. f. erwähnt.

Dritter Abschnitt.

Erzeugnisse der Quellen.

Viele Quellen enthalten Bestandtheile aufgelöst, welche sie durch verschiedene Veranlassungen auf chemischem Wege wieder absetzen. Wenn auch diese Absätze aus Quellen keine grossartigen Ablagerungen bilden, so sind sie doch manchmal nicht unbedeutend und schon desshalb von einigem geologischem Belang, weil auch

unter den neptunischen Gebilden vorgeschichtlicher Perioden nicht selten solche Quellabsätze vorkommen.

Die Materialien, welche sich aus Quellen ablagern, sind besonders: kohlensaurer Kalk, Gyps, Kieselerde, Eisenerze, Steinsalz, Schwefel und Erdpech. — Manche Quellen setzen nur einen oder zwei dieser Stoffe ab, aus andern scheiden sich Gemenge mehrerer derselben aus, namentlich Gemenge von kohlensaurem Kalk, Gyps, Eisenoxyd-Hydrat und Kieselerde.

Die abgeschiedenen Stoffe bilden meistens einen lagerförmigen Absatz, welcher dann bald geschichtet ist, bald keine Schichtung zeigt, also massig auftritt. Bisweilen erfüllen die Quellenabsätze Gesteinsspalten, so zwar, dass sie in diesem Falle gangförmig erscheinen. Solche Gänge wurden dann bald von oben herunter mit der Gangmasse angefüllt, bald von unten herauf, dadurch, dass die Quelle aus der Erdtiefe hervorbrach. — Betrachten wir jetzt die einzelnen Ablagerungen aus Quellen etwas näher.

a. Kalkabsätze bilden sich aus den Quellen unter allen erwähnten Ablagerungen bei weitem am häufigsten und sie erreichen auch die grösste Ausdehnung und Mächtigkeit. Diese Absätze bestehen theils aus reinem kohlensaurem Kalk, theils ist demselben kohlensaure Talkerde beigemengt und nicht selten auch Eisenoxyd-Hydrat oder kohlensaures Eisenoxydul, dann Kieselerde und Thonerde, andere unbedeutendere Beimischungen zu übergehen. Der kohlensaure Kalk ist in der Quelle als saures, kohlensaures Salz aufgelöst; indem sich nun die überschüssige Kohlensäure verflüchtigt, bildet sich einfach kohlensaurer Kalk, der im Wasser unlöslich ist und sich daher aus demselben ausscheidet. — Die Ablagerung des kohlensauren Kalks erfolgt meistens in der mineralogischen Form des Kalktuffes oder Kalksinters, bisweilen zumal aus heissen Quellen in der Form des Arragons.

Die Niederschläge von kohlensaurem Kalk bilden nicht nur kleinere Ueberzüge von andern Gesteinen oder Incrustationen verschiedener Körper, welche sich gerade in der Quelle befinden, sondern es entstehen bisweilen dadurch Ablagerungen von grösserm Umfang und nicht unbedeutender Mächtigkeit. Solche grössere Absätze bilden insbesondere nicht selten die heissen vulkanischen Quellen.

Als Belege und Beispiele mögen die folgenden nähern Angaben dienen: Bei Clermont in der Auvergne strömt eine heisse Quelle aus vulkanischem Tuff. Die Ablagerungen von Kalksinter und

Kalktuff, welche dieselben im Laufe der Jahrhunderte gebildet hat, setzen jetzt einen mehr als 240′ langen und in seinen untern Theilen 12′ breiten und 16′ hohen Wall zusammen. — Unweit San Vignone in Toscana entspringt eine heisse Quelle auf einem ungefähr 100′ hohen Hügel. An dem Abhang desselben hat die Quelle ein geschichtetes Lager von Kalktuff und Kalksinter, sog. Travertin abgesetzt, bis eine Stunde lang und über 15′ mächtig. Man bricht in diesem Lager vortreffliche Bausteine. — Aus den heissen Quellen von San Filippo in Toscana erzeugen sich ähnliche Travertinabsätze, welche dort ein Lager bilden eine halbe Stunde lang, eine halbe Viertelstunde breit und stellenweise bis 250′ mächtig. Die Quellen von San Filippo sollen in vier Monaten eine ungefähr einen Fuss mächtige Travertinmasse absetzen. — Aehnliche Tuff- und Sinterabsätze, zum Theil von beträchtlicher Ausdehnung und Mächtigkeit, finden sich in den Umgebungen von Rom. — Dort bildet namentlich der Fluss Peverone, wahrscheinlich indem ihm kalkreiche Quellen zuströmen, bedeutende Ablagerungen von Travertin; in der Nähe des Wasserfalles bei Tivoli haben sich besonders grosse Tuffmassen erzeugt, welche gegen 500′ mächtig sind. Dieser Travertin, der in grossen Steinbrüchen aufgeschlossen ist, lieferte das Hauptbaumaterial für die Stadt Rom. Er erzeugt sich heut zu Tage beständig noch fort. — In Kleinasien haben heisse Quellen zwischen den Bergen Olympus und Brussa Hügel von Kalktuff und Sinter aufgehäuft in einer Ausdehnung von zwei engl. Meilen Länge, einer halben Meile Breite und 100′ Höhe. — Die Quelle von Salzkotten in der Provinz Westphalen in Preussen ist von einem ausgedehnten Steinlager umgeben, welches vorherrschend aus eisenschüssigem kohlensaurem Kalk besteht und das sich bildete, bevor die Quelle technisch benützt wurde. Ebenso schied sich aus der Salzquelle zu Rothenfelde in Hannover eine geschichtete Gesteinsmasse ab von 16—18′ Mächtigkeit. — Bisweilen häuft sich der Kalktuff rings um die Quelle auf und bildet nach und nach einen mehrere Fuss hohen Kegel, aus dessen Spitze die Quelle hervorsprudelt. Solche Erscheinungen sieht man in Ungarn, auf Euböa, in der Berberei zwischen Constantine und Bona u. s. w.

b. Gypsabsätze. — Wasser, welche schwefelsauren Kalk aufgelöst enthalten, setzen dieses schwerlösliche Salz schon theilweise ab, wenn die Lösung durch Verdunsten von ihrem Wassergehalte verliert und hinterlassen dasselbe als Rückstand ihrer voll-

ständigen Verdampfung. Auf diesem Wege setzt sich häufig Gyps aus Mineralquellen und Brunnenwassern ab und ohne Zweifel erzeugten sich auch manche Gypse der Urzeit in solcher Weise. — Kleinere Gypsbildungen können auch auf chemischem Wege dadurch erfolgen, dass sich Schwefelmetalle an nasser Luft oxydiren und die hiedurch gebildete Schwefelsäure sich dann mit Kalk von kohlensaurem Kalk verbindet. Kommt dann dieser schwefelsaure Kalk mit Wasser in Berührung, so löst er sich in demselben und scheidet sich beim Verdunsten der Flüssigkeit theils derb, theils krystallisirt wieder ab.

Nach dieser theoretischen Erörterung über die Entstehung neuer Gypse auf nassem Wege mögen nun ein Paar Beispiele von solchen Bildungen erwähnt werden: Die Quellen von Baden bei Wien bilden einen Absatz, welcher vorherrschend aus schwefelsaurem Kalk besteht. Aehnliche Absätze, welche schwefelsauren Kalk entweder als vorherrschenden Bestandtheil oder aber wenigstens als Nebenbestandtheil enthalten, erzeugen viele andere Mineralquellen und häufig auch gemeines Brunnenwasser im Kalkgebirge. Analoge Bildungen sind die gypshaltigen Pfannensteine der Salzwerke. — In alten Gruben und auf den Halden der Bergwerke kommen ebenfalls nicht selten neue Gypsbildungen vor und zwar theils Absätze von derbem Gyps, theils Krystalle dieses Salzes.

c. Kieselerde-Absätze. — Die meisten Quellen halten Spuren von Kieselsäure-Hydrat, aufgelöst in Kohlensäure und grössere Mengen von Kieselsäure trifft man bisweilen in vulkanischen, an Kohlensäure reichen Wassern. Indem die Kohlensäure sich an der atmosphärischen Luft verflüchtigt, scheidet sich die Kieselsäure aus dem Wasser ab. Vulkanische Quellen enthalten bisweilen die Kieselsäure auch in Natron aufgelöst. Aus dieser Lösung setzt sich die Kieselsäure schon dadurch ab, dass beim Erkalten einer heissen Quelle nicht mehr so viel aufgelöst bleiben kann als bei der frühern hohen Temperatur. Die Abscheidung der Kieselsäure kann dann ferner auch dadurch erfolgen, dass die Kohlensäure der Luft sich mit dem Natron vereinigt.

Man kennt mehrere Beispiele von solchen Kieselsäure-Absätzen, von welchen ich nur die beachtenswerthesten herausheben will: Die heissen Quellen von Furnas auf St. Michael, einer der Azoren, setzen so beträchtliche Massen von Kieselsäure ab, dass die Ablagerung sogar kleine Hügel bildet und Massen von ein Paar Fuss Höhe in den Umgebungen der Quelle sehr gemein sind. Fremde Gegen-

stände, welche mit dem Wasser in Berührung kommen, werden mit Kieselsäure inkrustirt und man findet an einigen Stellen Kieselabsätze, welche durch Kieselmasse vollkommen versteinerte Pflanzenreste einschliessen. — Die berühmten Geyserquellen auf Island setzen ebenfalls Kieselsäure ab, welche sich überall in den Umgebungen der Quellen aufgehäuft findet und wo die örtlichen Verhältnisse dieses gestatteten, bis zu einigen Fuss mächtig. Auch die Geyserquellen haben die Eigenschaft zu inkrustiren.

d. Eisenerz-Absätze. — Zu den häufigsten Ablagerungen aus Quellen gehören jene von Eisenoxyd-Hydrat (sog. Eisenocker). Das kohlensaure Eisenoxydul, welches die Wasser in überschüssiger Kohlensäure aufgelöst enthalten, nimmt Sauerstoff aus der atmosphärischen Luft auf, wodurch sich das Eisenoxydul in Oxydhydrat umwandelt. Da das Eisenoxyd-Hydrat sich nicht mit Kohlensäure verbinden und daher nicht mehr in derselben gelöst bleiben kann, so scheidet es sich aus dem Wasser ab, während die Kohlensäure entweicht. — Unter gewissen Umständen kann eine Quelle statt Eisenoxyd-Hydrat einfach kohlensaures Eisenoxydul absetzen, wenn nämlich die überschüssige Kohlensäure sich verflüchtigt, z. B. durch die hohe Temperatur oder durch starke Bewegung des Wassers, ohne dass zugleich Luftzutritt stattfindet. Auf diesem Wege bilden sich beständig noch grössere oder kleinere Ablagerungen von unreinem Eisenoxyd-Hydrat, seltener von kohlensaurem Eisenoxydul und die meisten ähnlichen der Urzeit sind gewiss auch auf solche Art entstanden. Hieher gehören namentlich viele Lager von Brauneisenstein und Spatheisen des neptunischen Gebirges, dann gewiss auch viele Gänge von Brauneisenstein, welche dadurch entstunden, dass eisenhaltige Quellen sich in Spalten der Gebirge ergossen und dort ihren Eisengehalt in oben angegebener Weise absetzten.

Wenn der Abfluss Kohlensäure haltender Eisenwasser gehindert ist, so können sich beträchtliche Lager von Eisenoxyd-Hydrat und kohlensaurem Eisenoxydul bilden. Ein interessantes hieher gehöriges Beispiel führt Bischof an: Bei Wehr, unweit des Laachersees in Rheinpreussen, hat sich durch den unvollkommenen Abfluss von eisenhaltigen Säuerlingen, welche dort in zahlreichen Quellen zu Tage kommen, ein ausgedehnter Sumpf erzeugt. Durch Oxydation des Eisenoxyduls entsteht beständig fort unter reichlicher Entwicklung von kohlensaurem Gas eine beträchtliche Ablagerung von sog. Eisenocker. Diese hat stellenweise eine Mächtigkeit von

10—12' und enthält in den obern mehr der Luft ausgesetzten Schichten vorzüglich Eisenoxyd-Hydrat, in den untern kohlensaures Eisenoxydul. — In derselben Gegend haben sich eisenhaltige Sauerwasser in Klüfte des vulkanischen und des Uebergangs-Gebirges ergossen, in diesen Felsspalten Eisenoxyd-Hydrat abgesetzt und dort also Gänge von Brauneisenstein gebildet.

Besonders beachtenswerth sind ferner in Bezug auf die Abscheidungsweise des Eisenoxyd-Hydrats die Ablagerungen von Raseneisenstein (Wiesenerz, Sumpferz, Morasterz), weil diese sich gegenwärtig immer noch fortbilden und bei dieser Bildung eigenthümliche Erscheinungen beobachtet werden. Nach einer Beobachtung von Kindler, welche Daubrée bestätigte, haben faulende Pflanzen die Eigenschaft das Eisenoxyd lockerer oder loser Gesteine in Wasser löslich zu machen. Diess geschieht dadurch, dass sich das Eisenoxyd durch gewisse Produkte der Verwesung zu Oxydul reduzirt, welches dann durch Kohlensäure und Quellsäure, die sich ebenfalls durch die Fäulniss erzeugen, in Wasser aufgelöst wird. Wenn nun solche eisenhaltige Wasser in Niederungen oder überhaupt an Stellen gelangen, wo sie sehr langsam abfliessen oder ganz stocken, so oxydirt sich das Eisenoxydul wieder zu Oxyd, welches sich theils als Hydrat, theils als basisch quellsaures Salz zu Boden setzt.

Diese Thatsachen geben wohl den richtigen Schlüssel zur Erklärung der Bildungsweise der Raseneisensteine. Berzelius hat auch in solchen die Gegenwart von basisch quellsaurem und quellsatzsaurem Eisenoxyd nachgewiesen. Die Entstehung der Raseneisensteine als Absätze aus Wassern, welche in Folge der Fäulniss von Pflanzen eisenhaltig wurden und deren rascher Abfluss durch örtliche Verhältnisse besonders in Moorgründen gehindert ward, erklärt auch sehr einfach die so häufige Gegenwart der Phosphorsäure in jenen Mineralien. Diese Säure ist nämlich wie bekannt in den Pflanzen sehr verbreitet. Der wohl kaum je fehlende Mangangehalt der Raseneisensteine hat ohne Zweifel denselben Ursprung wie das Eisen. Das nicht seltene Auftreten von Algenresten (Gallionella, Navicula, Oscillaria) in jenen Erzen erklärt sich ebenfalls ganz einfach durch den Absatz des Minerals in stehenden oder langsam fliessenden Wassern. Endlich wird aus dieser Entstehungsart der Raseneisensteine von selbst deutlich, wie es kommt, dass sich dieselben nicht nur in Niederungen (tief liegen-

nungen ein Fels aus dem Meere, der sich nach und nach zu einem Eilande von 4 geographischen Meilen Umfang erhob.

Neuere Vulkane.

Die vulkanischen Berge mit Krateröffnungen und Ausbrüchen, welche in geschichtlicher Zeit sich in Thätigkeit befanden oder gegenwärtig noch thätig sind, bestehen aus Trachyt oder aus Dolerit oder aus Tuffen und Conglomeraten. — Sie wurden theils durch Emporhebungen aus dem Innern der Erde gebildet, theils durch Aufhäufen von Auswürflingen, also ganz in der Weise, wie diess schon bei der Erzeugung der alten Vulkane näher auseinandergesetzt worden ist.

Vulkane mit Ausbrüchen bilden theils nur vereinzelt stehende Berge, bald aber sind mehrere derselben in verschiedener Weise miteinander vereinigt. In diesem letztern Falle unterscheidet man, in Bezug auf die Anordnung der Berge, Centralvulkane und Reihenvulkane.

Bei den Centralvulkanen hat die Anordnung der Berge Aehnlichkeit mit jener der Massengebirge. Die vulkanischen Berge nämlich, welche eine gemeinschaftliche Gruppe bilden, dehnen sich weder in die Länge, noch in die Breite auffallend aus. Ein durch Umfang und Höhe sich auszeichnender Hauptvulkan befindet sich beiläufig in der Mitte und um denselben gruppiren sich die übrigen kleinern vulkanischen Berge.

Beispiele von Centralvulkanen geben: Island mit dem Hekla; die liparischen Inseln mit dem Stromboli; Sizilien mit dem Aetna; die phlegräischen Felder mit dem Vesuv.

Die Reihenvulkane sind nach Art der Kettengebirge geordnet. Aus einer Längsspalte, welche sich manchmal in bedeutende Entfernung erstreckt, wurden mehrere Vulkane emporgehoben oder aufgeschüttet, welche linienförmig hintereinander liegen.

Als Beispiele von solchen Reihenvulkanen mögen erwähnt werden: Die Vulkane der Andeskette; die Vulkane auf Kamtschatka; jene in Japan, auf den Molukken, Philippinen und Sunda-Inseln in Ostindien.

Erscheinungen vulkanischer Ausbrüche.

Die verschiedenen Phänomene, welche ein Vulkan zeigt, während er sich in Thätigkeit befindet, lassen sich, zur bessern Ueber-

sicht, mit L. v. Buch in vier Perioden abtheilen: Die Erdbeben, die Lavaausbrüche, den Aschenauswurf und die Nachwirkungen der vulkanischen Thätigkeit.

Erste Periode. — Erdbeben als Vorboten des vulkanischen Ausbruches.

Bevor der wirkliche Ausbruch eines Vulkans beginnt, treten in den Umgebungen desselben Schwankungen des Bodens und mehr oder weniger heftige Erschütterungen auf. Liegt der Vulkan in der Nähe des Meeres oder eines Sees, so geräth das Wasser in stürmische Bewegung. Während dieser Erschütterungen vernimmt man häufig ein unterirdisches, donnerähnliches Getöse.

Diese Erscheinungen erklären sich sehr einfach und richtig als eine natürliche Folge der Spannung, des Druckes der durch die vulkanische Thätigkeit im Innern der Erde entwickelten Gase und Dämpfe. Diese elastischen Flüssigkeiten sind vor dem vulkanischen Ausbruch noch im Innern des Berges und in den Erdtiefen eingeschlossen; sie finden noch keinen Ausweg, suchen sich diesen gewaltsam zu bahnen, üben dadurch einen bedeutenden Druck auf die Erdoberfläche aus und bringen so die Erschütterungen hervor. Die einfache Thatsache, dass diese Erschütterungen aufhören, so wie es den Gasen und Dämpfen gelungen ist durch den Krater oder eine andere neugebildete Oeffnung des Vulkanes auszuströmen, liefert schon allein den vollgiltigen Beweis für die Richtigkeit dieser Theorie der Erdbeben.

Zweite Periode. — Lava-Ausbruch.

Nachdem die Erderschütterungen einige Zeit fortgedauert haben, steigen Rauch- und Feuersäulen aus dem Krater empor. Zugleich werden unter donnerähnlichem Getöse Gase und Dämpfe mit Heftigkeit ausgestossen und glühende Gesteine, Sand und Asche herausgeschleudert. An den Seiten des Vulkans bilden sich Risse, Spalten, es findet eine Berstung des Berges statt. Aus diesen Spalten fliesst die Lava in glühendem Strome aus und wälzt sich als feuriger, meist dickflüssiger Teig den Berg herab. Wegen dieser dickflüssigen Beschaffenheit der Lava bewegt sich dieselbe gewöhnlich nur langsam fort. Bisweilen werden die Laven bis zum Kraterrand emporgehoben und fliessen dann von dort aus über den Vulkan herunter.

Mit dem Ausbruch der Lava hören die Erderschütterungen auf. Die Ursache hievon ist eine sehr einfache. Die geschmolzenen Lavamassen nämlich, welche von den Gasen und Dämpfen emporgedrückt werden, verstopfen eine Zeit lang alle Oeffnungen des Vulkans und hindern dadurch den Ausbruch der Gase und Dämpfe. Die Spannung derselben bringt dann die Erderschütterungen hervor. So wie aber die Laven dadurch zum Hervorströmen gekommen sind, dass sich Spalten an den Seiten des Berges gebildet haben, oder dadurch, dass der von der Lava verstopfte Krater wieder geöffnet ist, finden auch die Gase und Dämpfe ihren Ausweg und es hört also der Druck derselben auf die Erdoberfläche auf.

Die Erscheinungen der zweiten Periode des vulkanischen Ausbruches nehmen nach und nach an Heftigkeit ab; die Lava stockt, erstarrt und verstopft die Spalten, aus denen sie ausfloss.

L a v e n. — Was die mineralogischen Merkmale der Laven angeht, so bezeichnet man mit diesem Ausdruck keine petrographisch eigenthümlichen Gesteine. Laven sind nichts anderes als geschmolzene Felsarten, welche im flüssigen Zustand aus Oeffnungen eines Vulkans herausströmen und dadurch neue Lagerstätten einnehmen.

Da Feldspath, Albit, Labrador und Augit die Hauptbestandtheile vulkanischer Felsarten sind, so herrschen auch diese Mineralien in den Laven vor. Ausser denselben trifft man in der Lava noch häufig Magneteisen und Leuzit an. — Bald ist die Lava mehr feldspathig und enthält Krystalle von glasigem Feldspath: t r a c h y t i s c h e L a v a; bald, und besonders häufig, ist sie reich an Augit und Magneteisen und dadurch grauschwarz gefärbt: b a s a l t i s c h e o d e r d o l e r i t i s c h e L a v a; bald ist sie reich an Leuzit und nähert sich dann dem Leuzit-Porphyr: L e u z i t - L a v a. Manchmal bilden O b s i d i a n und B i m s s t e i n wahre Lavaströme.

Die Farben der Laven ist je nach den angegebenen verschiedenen Bestandtheilen sehr verschieden, jedoch vorherrschend grau in's Schwarze. Auf der Oberfläche der Lavaströme zeigen die Laven am häufigsten eine poröse, löcherige, schlackige Beschaffenheit, weil durch diese obern Lagen, während sie noch weich sind, sich Gas- und Dampfblasen in reichlicher Menge entwickeln. In den untern Lagen eines Stromes sind sie dagegen häufig von dichter oder körniger Beschaffenheit. — Nicht selten erhält die Lava Porphyrstruktur, zumal durch Krystalle von Augit und Leuzit. — An der

Oberfläche und im Bruche ist sie gewöhnlich matt und rauh anzufühlen. — Im Grossen betrachtet zeigen die Laven bald eine massige Beschaffenheit, bald plattenförmige und schalige, nicht selten prismatische, bisweilen kugelige Absonderung.

Als zufällige Gemengtheile enthalten die Laven, theils in ihrer Grundmasse, theils und besonders in ihren Blasenräumen, zahlreiche und verschiedenartige Mineralien. Unter diesen sind als die häufigsten zu nennen: Augit, Leuzit, glasiger Feldspath, Olivin, Hornblende, Glimmer, Hauyn und Eisenglanz. Manchmal schliesst die Lava Brocken fremder Gebirgsarten ein, namentlich von Granit und von Kalksteinen.

Feste Auswürflinge. — Die festen Gesteine, welche aus dem Krater des Vulkanes ausgeworfen werden, sind Gebirgsarten desselben, aber diese grösstentheils im veränderten Zustand. Diese Veränderungen erfolgten theils durch das Zusammenschmelzen verschiedener Gesteine unter einander, theils durch die Einwirkung von Gasen und Dämpfen. Es ist begreiflich, dass dadurch die Beschaffenheit dieser Auswürflinge sehr verschiedenartig wird und dass es desshalb unmöglich und auch ohne wissenschaftliche Bedeutung ist, sie alle zu beschreiben. Einige indessen, welche sich besonders häufig bilden, oder deren Beschaffenheit ganz im Allgemeinen angegeben werden kann, mögen kurz erwähnt werden.

a. Bimsstein. — Dieses vulkanische Erzeugniss scheint vorzugsweise durch Veränderung feldspathiger Gesteine des Vulkans gebildet worden zu sein. Seiner Zusammensetzung nach nähert er sich am meisten dem Feldspath und Albit, hält jedoch gewöhnlich weniger Kali oder Natron und mehr Kieselsäure als diese. Eine Formel über die Zusammensetzung dieses Gebildes lässt sich nicht aufstellen und nur im Allgemeinen bemerken, dass die Hauptbestandtheile des Bimssteins kieselsaure Thonerde, mit kieselsaurem Kali und Natron sind. — Die äussern Merkmale des Bimssteins bedürfen als allgemein bekannt keiner nähern Erwähnung. Die lockere poröse Beschaffenheit erhielt das Mineral, ähnlich den Mandelsteinen, indem es noch im geschmolzenen Zustande von Gasen und Dämpfen in reichlicher Menge durchdrungen wurde.

Der Bimsstein wird aus sehr vielen Vulkanen theils in kleinern Stücken, theils in grossen Blöcken ausgeworfen. Diese Bimssteintrümmer werden dann in den Umgebungen des Vulkans in grossen Massen, manchmal zu ganzen Hügeln aufgehäuft und bei Ufervulka-

nen schwimmen sie oft in grosser Menge auf dem Meere herum. — Wir haben bereits oben gehört, dass Bimssteine auch bisweilen in Lavaströmen ausfliessen.

Was das Vorkommen des Bimssteins betrifft, so findet man dieses vulkanische Erzeugniss sehr häufig in den Umgebungen jetzt noch thätiger Vulkane, besonders wenn die Hauptmasse derselben aus Trachyt besteht. Auch bei erloschenen Vulkanen trifft man häufig grosse Massen von Bimsstein; so am Niederrhein, in der Eifel, in der Auvergne, in Ungarn u. s. w.

b. Obsidian. — Dieses Gestein ist ebenfalls ein Erzeugniss der Schmelzung verschiedener Mineralien bei vulkanischen Ausbrüchen; die Schmelzung geschah aber zum Glas, nicht zur schwammigen Masse, wie bei der Bildung des Bimssteines.

Aehnlich diesem letztern Mineral nähert sich der Obsidian in seiner Mischung dem Feldspath und Albit, ohne jedoch mit denselben übereinzustimmen. Er scheint daher durch Zusammenschmelzen von trachytischen Gesteinen mit andern Mineralien entstanden zu sein.

Der Obsidian bildet eine derbe, glasartige, also glasglänzende und öfters wie Glas klingende Masse, meist von schwarzer Farbe und dann undurchsichtig, oder kaum durchscheinend, bisweilen schmutziggrün und in dünnen Stückchen halbdurchsichtig (Marekanit), selten gelblich, röthlich oder farblos; er hat muschligen Bruch und zeigt scharfkantige Bruchstücke; seine Härte ist die des Feldspaths bis zu jener des Quarzes. Am Löthrohr schmilzt er.

Der Obsidian wird wie Bimsstein theils aus den Kratern der Vulkane ausgeworfen und dann an den Abhängen derselben und in ihren Umgebungen aufgehäuft, theils fliesst er in Lavaströmen aus. — Man findet ihn bei vielen noch thätigen und erloschenen Vulkanen. So auf Island sehr ausgezeichnet und häufig; auf den liparischen Inseln; auf den canarischen Inseln; in Südamerika; in Asien u. s. w. — Bei erloschenen Vulkanen kommt er vor: in Sardinien, Spanien, Ungarn.

c. Schlackige Auswürflinge. — Bei den Ausbrüchen der Vulkane werden viele geschmolzene Gesteine, indem sie von Gasen und Dämpfen durchdrungen werden, in löcherige poröse Massen umgewandelt, ähnlich den Schlacken unserer Hüttenwerke. Die kleinern dieser Auswürflinge pflegt man mit dem italienischen Namen Lapilli zu bezeichnen und den grössern gibt man öfters

die Benennung: vulkanische Bomben. — Auch diese Auswürflinge findet man an den Abhängen und in den Umgebungen des Vulkans in beträchtlichen Massen zusammengehäuft.

d. Vulkanische Tuffe und Conglomerate. — Unter den Auswurfsprodukten der Vulkane findet man ferner häufig erdige, verschieden gefärbte Gesteine, aus dem veränderten Teig vulkanischer Felsarten gebildet. Diese Auswürflinge bestehen meistens aus einer mehr oder weniger weichen, bröckligen, leicht zerreiblichen Grundmasse, bisweilen jedoch aus einem ziemlich harten Teig, in welchem Falle man ihnen auch wohl die Benennung Steintuff gibt. Diese Grundmasse enthält häufig Einschlüsse verschiedener vulkanischer Gesteine in grössern oder kleinern Bruchstücken.

Die vulkanischen Tuffe treten in so mannigfaltigen Abänderungen auf, sie zeigen eine so verschiedenartige äussere Beschaffenheit, dass eine nähere Beschreibung derselben ganz unmöglich wird. Eine solche Beschreibung ist aber auch desshalb unnöthig, weil diese Auswürflinge keine eigenthümlichen Gesteine sind, sondern nur Umwandlungen der Felsarten des Vulkans. Es haben diese Gebilde eben so geringe wissenschaftliche Bedeutung als die örtlichen Namen, welche sie bisweilen führen, z. B. Trass, Bröckeltuff, Peperin, Pausilipptuff u. s. w.

Besondere Ausbruchs-Erzeugnisse, während der Laven-Ausströmung.

In der zweiten Periode des vulkanischen Ausbruches werden verschiedene feste Stoffe in Dampfgestalt ausgestossen. Die Dämpfe verdichten sich, die ausgeworfenen Stoffe sublimiren sich wieder, theils um den Krater, theils in Klüften und an Felsen des Berges, theils an den Laven, kurz an verschiedenen Stellen des Vulkans. Dadurch bilden sich kleinere und grössere Ansammlungen von Schwefel, Salmiak und verschiedenen Chlormetallen, namentlich Chlornatrium, Chlorkalium, -Calcium, -Magnesium, -Eisen, -Mangan, -Kupfer u. s. w., Einige dieser Chlormetalle und andere unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht flüchtige Stoffe, welche man noch unter den Auswurfsprodukten findet, werden vielleicht durch die Gase und Dämpfe nur mechanisch mit fortgerissen und lagern sich ebenso wieder ab, ähnlich den nicht flüchtigen Stoffen, die sich im Russ der Schornsteine ansetzen.

Während des Lavaausbruches wird ferner eine grosse Menge

von Gasen und Dämpfen ausgestossen. Unter diesen herrscht der Wasserdampf so sehr vor, dass der Spannung und dem Drucke desselben zum grössten Theil die Heftigkeit der Ausbruchserscheinungen zugeschrieben werden muss. Die übrigen Gase und Dämpfe zeigen sich nämlich im Verhältniss zu den ungeheuern Massen von Wasserdampf in so geringer Menge, dass der Druck derselben nur eine untergeordnete Wirkung hervorbringen kann. Diese Gase sind: Wasserstoffgas, schwefligsaures Gas, salzsaures, kohlensaures und Schwefelwasserstoffgas. Die Dämpfe des vulkanischen Ausbruches bilden, ausser dem Wasserdampf, jene Stoffe, welche vorhin unter den Sublimationsprodukten genannt wurden: Schwefel, Salmiak und Chlormetalle.

Dritte Periode. — Aschen-Ausbruch.

Nachdem die Erscheinungen des Lavaausbruches fast ganz aufgehört oder sich sehr vermindert haben, steigt aus dem Krater, unter erneuertem Tosen, eine mächtige Rauchsäule hoch in die Lüfte. Diese besteht grösstentheils aus ungeheuern Mengen von Wasserdämpfen, die sich bald zu dicken Wolken um den Berg verdichten. Mit diesen Dämpfen werden furchtbare Massen von Asche, gemengt mit sog. Lapilli aus dem Vulkan herausgeschleudert und weithin in der Luft verbreitet. Die Masse der Asche ist oft so ausserordentlich, dass bei heftigen Ausbrüchen der ganze Himmel in beträchtlichem Umkreis des Vulkans verfinstert wird und der feine Aschenregen den Boden, mit seinen Pflanzen und allen andern darauf befindlichen Gegenständen, mit einer dicken Staubhülle bedeckt.

Die Aschenauswürfe dauern gewöhnlich mehrere Tage lang, bisweilen sogar ein Paar Wochen hindurch. Die Wolken von Wasserdämpfen verdichten sich zu den heftigsten Platzregen, zu wahren Wolkenbrüchen. Die Regenströme sind oft so ausserordentlich, dass das Wasser fürchterliche Verheerungen in den Umgebungen des Vulkans hervorbringt. Bisweilen bilden die Regengüsse mit der in der Luft verbreiteten Aschenmasse einen Teig, der in dichten Stücken, in grossen Fetzen herunterfällt und die Zerstörung in furchtbarer Weise vermehrt.

Es bedarf kaum der Bemerkung, dass die vulkanische Asche nur in dem Namen mit der gemeinen Asche übereinstimmt, im Wesentlichen aber, in der Zusammensetzung sich ganz von der-

selben verschieden zeigt. Sie ist nichts anderes als feiner Staub der Gebirgsarten des Vulkans. Die vulkanische Asche hat eine graue, bräunliche oder schwärzliche Farbe und ist ziemlich leicht. Oefters enthält sie kleine Bruchstücke von verschlackten Auswürflingen und von Bimsstein, dann Körnchen von Augit, Leuzit, Feldspath, Glimmerblättchen u. s. w. — Hat die Asche eine etwas gröbere Beschaffenheit, ist sie also kein blosser Staub, so gibt man ihr die Benennung vulkanischer Sand.

Vierte Periode. Nachwirkungen des Ausbruches.

Unter den hieher gehörigen Erscheinungen verdienen vorzüglich herausgehoben zu werden: die Ausströmungen von kohlensaurem Gas, die Schwefel-Ausströmungen und die Bildung von heissen Quellen.

Ausströmungen von kohlensaurem Gas (Mofetten). — Die Kohlensäure, welche durch die vulkanische Thätigkeit entwickelt wird und durch die Krateröffnung keinen Ausgang findet, sammelt sich im Innern des Berges bald in solcher Menge, dass sie sich durch alle Spalten und Risse gewaltsam Bahn brechen muss. Sie strömt daher überall, wo sich eine geeignete Stelle findet, in den Umgebungen des Vulkans aus dem Boden hervor, in den Feldern, Weinbergen, Gärten, in den Kellern der Häuser u. s. w. — Die Gasentwicklung dauert gewöhnlich einige Wochen lang, in andern Fällen Monate und Jahre lang. In manchen Gegenden sogar, wo seit Jahrhunderten keine vulkanischen Ausbrüche mehr stattfanden, zeigen sich immer noch da oder dort Mofetten; ja man kennt Beispiele von solchen beständig fortdauernden Ausströmungen von kohlensaurem Gas in Gegenden, deren Vulkane schon in vorgeschichtlicher Zeit erloschen sind, so namentlich in der Eifel.

Schwefel-Ausströmungen. — Nachdem die eigentlichen Ausbruchserscheinungen beendigt sind, werden aus Spalten der Vulkane Dämpfe von Schwefel ausgestossen. Ein Theil desselben verbrennt zu schwefliger Säure, ein zweiter, bei weitem grösserer Theil verdichtet und sublimirt sich in den Klüften oder Felsspalten, aus welchem die Dämpfe hervordrangen. Auf diese Weise entstehen an verschiedenen Stellen der Vulkane oft sehr bedeutende Ansammlungen von festem Schwefel, die sog. Solfataren, welche häufig zur bergmännischen Gewinnung des Schwefels benützt werden. Auch aus dem Krater des Vulkans strömen noch nach dem Ausbruch

Schwefeldämpfe hervor, wovon sich jedenfalls ein grosser Theil an den Kraterwänden sublimirt.

Heisse Quellen. — Das Vorkommen von Quellen mit warmem, öfters siedend heissem Wasser ist eine in den Umgebungen der Vulkane sehr gewöhnliche Erscheinung. Besonders auffallende Beispiele hievon zeigen sich auf Island. Dort sind die heissen Quellen fast unzählbar. Viele derselben, die sog. Geiser, sind Springquellen. Sie erheben sich nach Zwischenräumen der Ruhe in einem mehr oder weniger bedeutenden Wasserstrahl. Die grössten bilden Wassersäulen von 9—10 Fuss im Durchmesser und schiessen wohl 80—100′ in die Luft auf. Häufig gehen dem Springen der Quelle Erderschütterungen und unterirdisches Getöse voraus. — In Kamtschatka strömt nach Billing sogar ein heisser Fluss aus einem Vulkan und es finden sich dort heisse vulkanische Seen. — Selbst bei längst erloschenen Vulkanen kommen noch bisweilen heisse Quellen zu Tage, in Folge noch fortdauernder vulkanischer Thätigkeit im Innern der Erde. So auf Ischia, dann im Kirchenstaat und in der Auvergne.

Die vulkanischen Mineralquellen enthalten bisweilen ganz eigenthümliche Bestandtheile, deren Gegenwart sich übrigens aus den Ausbruchserzeugnissen von selbst erklärt. Namentlich enthalten solche Quellen öfters schweflige Säure und Schwefelsäure im freien Zustand, freie Salzsäure, Borsäure, salzsaures Ammoniak, schwefelsaures Eisenoxydul u. s. w.

Theorie der vulkanischen Ausbrüche.

Nachdem uns nun die Erscheinungen der vulkanischen Thätigkeit bekannt geworden sind, dringt sich von selbst die Frage auf: welches ist die Ursache dieser merkwürdigen Naturereignisse?

Es ist begreiflich, dass in älterer Zeit verschiedene Erklärungen der vulkanischen Phänomene versucht wurden. Da dieselben jetzt keinen wissenschaftlichen Werth mehr haben, so darf ich sie füglich ganz unerwähnt lassen. Eine kurze Anführung aber verdienen wohl zwei neuere Theorien berühmter Naturforscher, jene von Werner und von Davy.

Werner dachte sich, dass im Innern der Vulkane grosse Steinkohlenlager vorkommen, welche in Brand geriethen und dadurch die vulkanische Hitze mit ihren Folgen hervorbrachte. — Diese Ansicht schien dadurch einige Wahrscheinlichkeit zu gewin-

nen, dass sich bei wirklichen Steinkohlenbränden im Steinkohlengebirge Erzeugnisse bilden, welche mit jenen der vulkanischen Ausbrüche theils Aehnlichkeit, theils vollkommene Uebereinstimmung zeigen. — Allein es spricht gegen diese Theorie ausser manchen andern Gründen auf das entscheidendste die Thatsache, dass die Steinkohlenlager im vulkanischen Gebirge gänzlich fehlen und dass daher ihre Annahme in grossen Erdtiefen unter den Vulkanen eine blosse Hypothese ist, welche aller nähern Begründung ermangelt; ferner dass unter den vulkanischen Gasen Kohlenoxydgas und Kohlenwasserstoffgas, Haupterzeugnisse der Zersetzung der Steinkohlen in der Hitze, entweder gänzlich fehlen oder aber nur in so kleiner Menge vorkommen, dass sie bisher nicht genau nachgewiesen werden konnten.

Nach der Theorie von Davy beruht die Ursache der vulkanischen Phänomene in dem Vorkommen beträchtlicher Massen von Metallen der Alkalien im gediegenen Zustand, namentlich von Kalium, Natrium und Calcium, in den Tiefen der Vulkane. Kommt mit diesen Metallen Wasser in Berührung, so erfolgt Zersetzung desselben und Oxydation der Metalle unter heftiger Verbrennung und unter Entwicklung von Wasserstoffgas. Die ungeheure Hitze, welche diesen ganz im Grossen vor sich gehenden Verbrennungsprozess begleitet, ist die Ursache der vulkanischen Erscheinungen. — Auch gegen diese Theorie sprechen die entscheidendsten Gründe. Die mittlere Dichtigkeit der Erde ist so gross, dass man schon desshalb nicht annehmen kann, das Innere, der Kern unseres Planeten, bestehe aus den leichten Metallen der Alkalien. Wäre eine grossartige Wasserzersetzung die Ursache der vulkanischen Erscheinungen, so müsste sich aus dem Krater und aus allen Seitenöffnungen der Vulkane Wasserstoffgas in ausserordentlicher Menge entwickeln. Dieses Gas aber findet sich unter den Produkten der vulkanischen Ausbrüche entweder gar nicht oder nur in so geringer ganz untergeordneter Menge, dass seine Gegenwart noch von vielen Beobachtern der Vulkane bezweifelt wird.

Die wahrscheinlichste, dem jetzigen Stande der Wissenschaft angemessenste Erklärung über die Ursache der vulkanischen Thätigkeit gibt uns die durch zahlreiche und sorgfältige Beobachtungen festgestellte Thatsache, dass die Temperatur der Erde mit der Tiefe zunimmt und dass daher in grossen Erdtiefen gegenwärtig noch Glühhitze herrschen muss.

— Theils durch die chemischen Wirkungen dieser ungeheuern Hitze, theils durch mechanische Verflüchtigungen verschiedener Stoffe, besonders des Wassers, welches in die Tiefen der Erde gelangt, erzeugen sich bedeutende Massen von Gasen und Dämpfen. Diese müssen irgendwo einen Ausweg erhalten, den sie sich gewaltsam bahnen und dadurch die vulkanischen Ausbruchserscheinungen hervorbringen. Ist einmal eine Oeffnung zur Entwicklung dieser Gase und Dämpfe vorhanden, so entwickeln sich die neuerzeugten immer wieder durch dieselbe Oeffnung und so kommt es, dass da, wo sich bereits ein Vulkan gebildet hat, immer wieder neue vulkanische Thätigkeit auftritt. Die Vulkane sind daher als die Kanäle zu betrachten, durch welche die in dem glühenden Erdinnern erzeugten Gase und Dämpfe ihren natürlichen Ausweg finden. Man hat sie aus diesem Grunde nicht ganz mit Unrecht die Sicherheitsröhren der Erde genannt, die Schutzmittel gegen noch heftigere Wirkungen in dem Innern der Erde eingeschlossener plutonischer oder vulkanischer Bewegungen.

Ruhezeit der Vulkane. — Nachdem die vulkanischen Ausbrüche beendigt sind, tritt bei den meisten Vulkanen ein Zeitpunkt der Ruhe ein. Diese Ruhe ist bei vielen Vulkanen nicht vollkommen. Statt wahrer Ausbrüche nämlich werden noch Gase und Dämpfe, namentlich in reichlicher Menge Wasserdämpfe ausgestossen und im Innern des Berges findet eine Bewegung der gespannten elastischen Flüssigkeiten statt, welche nicht selten Erderschütterungen bewirkt. In andern Fällen ist die Ruhe des Vulkans wirklich vollständig oder fast vollständig. Immer jedoch beobachtet man noch Zeichen von vulkanischer Thätigkeit in der Tiefe durch die Bildung von heissen Quellen und durch Ausströmungen von kohlensaurem Gas.

Die Zeit der Ruhe ist bei verschiedenen Vulkanen ausserordentlich verschieden. Sie wechselt von mehreren hundert Jahren bis zu ein paar Monaten. Vom Vesuv z. B. kannte man vor dem Jahr 79 nach Christi Geburt Ausbrüche nur aus dunkeln Ueberlieferungen, also war er viele Jahrhunderte lang unthätig. Vor dem grossen Ausbruch im Jahr 1631 hatte er wieder eine 125-jährige Ruhe gezeigt. Jetzt hat der Vesuv fast jährlich eine Eruption. Die grossen Vulkane in Amerika bringen meistens nur einen oder zwei Ausbrüche in einem Jahrhundert hervor und die Vulkane auf Island sind fast in beständiger Thätigkeit.

Vulkane mit ganz eigenthümlichen Ausbruchs-Erscheinungen.

Man beobachtet bisweilen vulkanische Thätigkeit, deren Erzeugnisse von jenen der gewöhnlichen Vulkane wesentlich verschieden sind. Man hat diesen Vulkanen, welche besondere, von den bisher beschriebenen verschiedene Ausbruchserscheinungen zeigen, den unpassenden gemeinschaftlichen Namen Salsen gegeben, weil unter den Produkten dieser vulkanischen Thätigkeit bisweilen Salzsublimationen vorkommen. — In diese Abtheilung gehören die Schwefel-Vulkane, die Wasser- und Schlamm-Vulkane und die Luft-Vulkane.

Schwefel-Vulkane. — Ohne dass sich andere Zeichen vulkanischer Thätigkeit wahrnehmen lassen, entwickeln sich bisweilen aus Oeffnungen des Bodens Schwefeldämpfe, welche sich dann sublimiren und dadurch zur Bildung von Schwefelansammlungen Veranlassung geben. — Solche Schwefelansammlungen haben sich schon in vorgeschichtlicher Zeit gebildet und man erkennt die Thatsache, dass dieselben dieser Abtheilung von vulkanischen Erscheinungen angehören, daran, dass in den Umgebungen dieser Schwefelansammlungen keine weitern Erzeugnisse vulkanischer Ausbrüche vorkommen. Gegenwärtig noch beobachtet man solche Schwefelausströmungen in Südamerika auf Guadeloupe, Martinique und St. Vincent.

Wasser- und Schlamm-Vulkane. — Nach unterirdischem Getöse bilden sich im Boden, der bald aus vulkanischem Gesteine besteht, bald nicht, Oeffnungen oder auch kleine kegelförmige Erhebungen, welche Gase, Steine, dann in besonders grosser Menge flüssiges, oft nur wenig erwärmtes Wasser und Schlamm emporschleudern. Die Wasser- und Schlammsäulen erreichen bisweilen eine Höhe von 100 Fuss und darüber. — Solche Wasser- und Schlammausbrüche bestehen für sich vereinzelt, ohne weitere Zeichen vulkanischer Thätigkeit. — Erscheinungen derart beobachtet man bei Girgenti in Sizilien, auf der Insel Taman im schwarzen Meer, in Columbien, Persien, auf Java, Trinidad u. s. w.

Luft-Vulkane. — Diese Art von vulkanischer Thätigkeit ist dadurch bezeichnet, dass entweder aus kleinen, kegelförmigen Erhebungen des Bodens oder aus Rissen und Spalten Kohlenwasserstoffgas hervorströmt, nicht selten begleitet von Ergiessungen von

Steinöl. — Die vulkanische Natur dieser Erscheinung geht daraus hervor, dass jene Gasentwicklungen bisweilen von Emporhebungen des Bodens begleitet sind und dass mit dem ausbrechenden Gase manchmal Steine hervorgeschleudert werden. Die Wärme des Bodens in den Umgebungen solcher Gasausströmungen, sowie die Häufigkeit der Erdbeben in den Gegenden, wo Luftvulkane vorkommen, können als weitere Beweise für die vulkanische Natur des Phänomens betrachtet werden. — Durch diese begleitenden Erscheinungen werden die vulkanischen Ausströmungen von Kohlenwasserstoffgas leicht unterschieden von den bisweilen vorkommenden Entwicklungen dieses Gases aus Ritzen und Felsspalten, in Folge von Zersetzungen organischer Stoffe in Steinkohlenlagern, welche Gasentwicklung ohne alle Zeichen von vulkanischer Thätigkeit stattfindet.

Das Phänomen der Luftvulkane zeigt sich in den Umgebungen des caspischen Meeres, besonders bei Baku; dann in Sizilien, in der Gegend von Pietra Mala und Girgenti; ferner an verschiedenen Punkten im Kaukasus.

III. Zerstörungen der Erdoberfläche in geschichtlicher Zeit.

Sehr mannigfaltige Einflüsse wirkten seit dem Entstehen unseres Planeten und wirken noch bis auf den heutigen Tag zerstörend auf die Erdoberfläche und bringen dadurch theils kleinere, theils nicht selten beträchtliche Veränderungen hervor. Diese Veränderungen, welche die Ergebnisse zerstörender Agentien sind, erfolgen durch das Verwittern der Gesteine, durch Strömungen, durch Gletscher, durch Erdbeben und durch vulkanische Ausbrüche.

1. Zerstörungen der Erdoberfläche durch das Verwittern der Gesteine.

Durch die Einwirkung der atmosphärischen Luft und des Wassers erleiden die Gesteine theils chemische, theils mechanische Veränderungen. Sehr häufig verlieren sie durch die Wirkung dieser Agentien ihren festen Zusammenhang und zerfallen bald in pulverige, lose, erdige Massen, bald in kleinere oder grössere Bruchstücke; sie verwittern.

A. Art des Verwitterns.

a. Die atmosphärische Luft bringt diese Zersetzung theils durch ihren Sauerstoffgehalt, theils durch ihre Kohlensäure hervor.

Der Sauerstoff bewirkt ein Verwittern der Gesteine oder trägt mehr oder minder dazu bei, indem er das in den Mineralien so häufig verbreitete Eisenoxydul in Oxyd umwandelt, welches dann gewöhnlich durch die gleichzeitige Gegenwart von Wasser zu Eisenoxydhydrat wird. Durch diese Oxydation werden die Gesteine so häufig an ihrer Oberfläche gelb oder braun gefärbt und öfters mit einem bald ganz dünnen, bald dickern Ueberzug dieses Eisenoxydhydrates bedeckt. Nicht selten dringt die Oxydation tiefer in die Felsart ein und hat dann eine mehr oder weniger vollkommene Zerlegung und Auflockerung zur Folge. Als Beispiele dieser Wirkung mag die Zersetzung vieler Gneisse und Granite durch die Oxydation des Eisenoxyduls im Glimmer derselben, dann jene der an Augit und Magneteisen reichen vulkanischen Gesteine angeführt werden. Im Gebiete der genannten plutonischen oder vulkanischen Felsarten ist es eine häufige Erscheinung, die Oberfläche derselben durch jene Oxydation des Eisenoxyduls in lockere, bröcklige oder aber ganz erdige Massen verwandelt zu sehen.

Die Kohlensäure der Luft trägt vorzüglich zum Verwittern der Felsarten bei, indem sie auf das Kali oder Natron der Feldspathgesteine wirkt. Sie verbindet sich mit diesen Salzbasen zu löslichen kohlensauren Salzen, welche dann von dem Wasser fortgeführt werden. Durch diese Ausziehung des Kalis oder Natrons ist der feldspathige Bestandtheil der Gebirgsart (Kali-Feldspath, Albit, Oligoklas, Labrador) zersetzt und durch diese Zersetzung zerfällt das Gestein sehr häufig zu einer lockern Masse, bisweilen zu wahrer Porzellanerde oder der zerlegte Feldspath wandelt sich in eine specksteinartige Masse um. Wenn diese Zerlegung Granite trifft, so trennen sich die Quarzkörner aus dem Zusammenhang mit dem veränderten aufgelockerten Feldspath und die Oberfläche des Gesteins zerfällt dann zu Sand und Grus. Die abgerundete Gestalt, welche (nicht durch Strömungen oder Gletscher abgeriebene) Granitfelsen so häufig zeigen, ist, neben ihrer allgemeinen ellipsoidischen Form, die Folge dieses Verwitterns durch die Wirkung der Kohlensäure auf den Feldspath und dieser Wirkung verdanken auch die

frei daliegenden (nicht durch Strömungen zugerundeten) Granitblöcke ihre oft so auffallend runden Gestalten.

Auf Eisenoxydul enthaltende Gesteine wirkt die atmosphärische Kohlensäure, vorzüglich bei Gegenwart von Wasser, nicht selten in der Weise, dass sie sich mit dem Eisenoxydul zum sauren kohlensauren Salz verbinde, welches dann vom Wasser gelöst, also aus dem Gesteine ausgezogen wird. Auf diesem Wege bleichen dunkle, durch Eisenoxydul gefärbte Gesteine an der Luft aus und die Entziehung des Eisenoxyduls hat auch häufig eine Auflockerung der Felsart zur Folge.

Kalksteine oder Mergel verwittern an der Luft durch die Wirkung der Kohlensäure, indem diese, bei Gegenwart von Wasser oder Feuchtigkeit, sauren kohlensauren Kalk bildet, der in Wasser löslich ist.

Auf mechanischem Wege kann die atmosphärische Luft Zerstörungen der Erdoberfläche durch die Gewalt des Windstosses hervorbringen. Die beachtenswertheste hieher gehörige Wirkung ist die Fortführung des Flugsandes am Meeresufer und die Aufhäufung desselben zu Hügeln und Hügelreihen, den Dünen, welche durch dieselbe Kraft des Windes, wodurch sie gebildet wurden, auch wieder zerstört werden*.

b. Das W a s s e r bewirkt ein Verwittern der Gesteine theils auf chemischem, theils auf mechanischem Wege.

Auf c h e m i s c h e m Wege vermag das Wasser Gesteine zu zerstören theils dadurch, dass es blos als Lösungsmittel wirkt, theils dadurch, dass es besonders durch seinen Gehalt an Kohlensäure und Kieselsäure Umänderungen in der Zusammensetzung der Mineralien hervorbringt. — Durch einfache Lösung werden besonders Gypsgesteine zerstört, dann Ablagerungen von Steinsalz oder Salzthon, und Kalksteine oder Dolomite lösen sich allmählig durch den

---

* Gelegentlich der Erwähnung der Veränderungen, welche die atmosphärische Luft an den Gesteinen hervorbringt, mag auch mit einigen Worten der Wirkung des **B l i t z e s** auf die Gesteine gedacht werden. Mehrere Beobachter, namentlich **S a u s s u r e** und **H u m b o l d t**, haben wahrgenommen, dass Granit- und Trachytfelsen, welche vom Blitzstrahl getroffen wurden, mit einem glasigen Ueberzug bedeckt waren. — Wenn der Blitz in Sand schlägt, so bilden sich, nach den Beobachtungen von **F i e d l e r**, Röhren, welche im Innern verglast und an der äussern Seite aus rauhen, zusammengefritteten Quarzkörnern gebildet sind, die **B l i t z r ö h r e n** oder Fulgurite.

Kohlensäuregehalt der Wasser auf. Durch diese Kohlensäure wird auch häufig Eisenoxydul aus den Gesteinen ausgezogen. — Eine Umänderung in den Bestandtheilen der Felsarten und dadurch im Laufe der Zeiten mehr oder weniger beträchtliche Zerstörungen derselben bringt schon die freie Kohlensäure und Kieselsäure der Wasser hervor, indem sich neue Salze dieser Säuren bilden. Ganz besonders aber geht diese Umwandelung der Gesteine auf dem Wege der sogenannten doppelten Verwandtschaft vor sich. So wirken z. B. bei Gegenwart von Wasser schwefelsaurer und kohlensaurer Kalk auf kieselsaures Natron, kieselsaure Talk- und Thonerde mancher Mineralien. Durch Umtausch der Bestandtheile entsteht unter gewissen Umständen kieselsaurer Kalk und schwefelsaures und kohlensaures Natron oder schwefelsaure und kohlensaure Talkerde. In andern Fällen wirkt Chlornatrium auf schwefelsauren Kalk oder schwefelsaure Talkerde und erzeugt Chlorcalcium, Chlormagnesium und schwefelsaures Natron. Diese und ähnliche Umwandlungen erklären die Zusammensetzung der Mineralwasser auf eine sehr befriedigende Weise, und durch solche chemische Zersetzungen unter Vermittlung des Wassers müssen im Innern der Erde nach und nach sehr bedeutende Zerstörungen der Gesteine hervorgebracht werden.

Weit beträchtlichere Zerstörungen als auf chemischem Wege bringt das Wasser durch mechanische Wirkungen hervor. Von der zerstörenden Gewalt der Strömungen wird noch besonders die Rede sein; es mögen daher nur folgende hieher gehörige Wirkungen erwähnt werden.

Durch das Gefrieren dehnt sich das Wasser bekanntlich aus. Sickert nun Wasser in Felsspalten, Ritzen oder Zwischenräume der Ablösungsflächen und es tritt dann das Gefrieren ein, so wird durch die Ausdehnung des Eises das Gestein zersprengt, wenn es keinen gehörigen Widerstand zu leisten vermag. Die losgetrennten Bruchstücke halten noch zusammen, so lange das Wasser gefroren bleibt; so wie aber Thauwetter eintritt, trennen sie sich von dem übrigen Gestein, welches dadurch theils nur an seiner Oberfläche auseinander fällt, theils tiefer gehende Zertrümmerungen erleidet.

Wenn das Wasser zwischen die Schichten neptunischer Gesteine eindringt, so geschieht es bisweilen, dass Zwischenlager von Sand, Lehm oder Mergel aufgelockert und nach und nach weggespült werden, letzteres zumal dann, wenn die Schichten eine geneigte Stellung haben. Durch diese Auflockerung und Unterwaschung

müssen die Schichten der festen Gesteine ihre Unterlage verlieren und dadurch Einstürze erfolgen.

B. Folgen des Verwitterns.

Die erwähnten Zersetzungen der Gesteine durch die Luft und das Wasser bringen im Laufe der Zeiten nicht unbeträchtliche Veränderungen der Erdoberfläche hervor. In Folge des Verwitterns verwandeln sich die Felsen an ihren zu Tage kommenden Stellen in lose Materialien, Dammerde, Sand und Grus, oder sie zerfallen in grössere Bruchstücke, Geschiebe und Felsblöcke.

a. Die Bildung von Dammerde, Sand oder Grus erfolgt mehr oder minder vollständig und in kürzerer oder längerer Zeit, je nach der verschiedenen physischen oder chemischen Beschaffenheit der Gesteine. Im Allgemeinen zerfallen harte und dichte Felsarten weniger leicht zu losen Materialien als weichere und als Gesteine, welche eine körnige Struktur besitzen und zugleich aus verschiedenartigen Mineralien bestehen. Verwittert von diesen Mineralien das eine leichter als das andere und verwandelt es sich dadurch in eine pulverige oder lose Masse, so wird der Zusammenhang des körnigen Gemenges aufgehoben und das Gestein zerfällt. Beispiele hievon geben die Granite, besonders die grobkörnigen, bei welchen das Verwittern des Feldspaths ein Auseinanderfallen der Quarzkörner und Glimmerblättchen und dadurch eine Zerstörung des Granites selbst zur Folge hat. — Von bedeutendem Einfluss auf das Verwittern der Felsarten zu losen Materialien ist ferner ihre chemische Beschaffenheit. Enthalten dieselben Bestandtheile, welche sich mehr oder weniger leicht mit dem Sauerstoff oder der Kohlensäure der Luft vereinigen oder welche von Wasser gelöst oder durch die Säuren und Salze desselben zersetzt werden, so sind dadurch Hauptbedingungen gegeben zur Umwandlung der Gebirgsarten in Dammerde, Sand und Grus. — Je härter und dichter also die Gesteine sind, je geringere Wirkung die Bestandtheile der Luft und des Wassers auf dieselben äussern, desto mehr widerstehen sie den erwähnten Umbildungen und umgekehrt. Betrachten wir nun in dieser Beziehung das Verhalten der wichtigern einzelnen Gesteine.

Was zuerst die Felsarten des plutonischen Gebirges betrifft, so gehören unter denselben zu den am leichtesten verwitterbaren

die Granite. Wir haben bereits gehört, dass die Hauptursache der Verwitterbarkeit derselben und ihres Zerfallens in lose Materialien der feldspathige Bestandtheil dieser Felsart sei, welcher sein Alkali an die Kohlensäure der Luft und des Wassers abgibt. Besonders auffallend zeigt dieses Verwittern der grobkörnige Granit. Im Gebiete dieser Gesteine sieht man oft den Boden in meilenweiter Erstreckung und manchmal bis in beträchtliche Tiefe aus grobkörnigem Sand und aus Grus zusammengesetzt, welcher aus Quarzkörnern, aus Bröckelchen von verwittertem Feldspath und aus kleinen Bruchstücken von nicht ganz zerfallenem Granit, seltener aus Glimmerblättchen besteht, da dieses leichte Mineral grossentheils vom Wasser fortgeführt wird. In diesem Sand und Grus liegen einzelne, lose, durch Verwittern zugerundete Granitblöcke.

Auch der Gneiss verwittert leicht, wegen seinem Reichthum an Feldspath. Da dieses Gestein nur wenig Quarz enthält, so liefert es bei dem vollständigen Verwittern einen mehr thonigen Boden, während der quarzreiche Granit mehr einen Sand- und Grusboden erzeugt.

Der Glimmerschiefer gehört ebenfalls zu den nicht schwer verwitternden Felsarten, da das Eisenoxydul des Glimmers bei Gegenwart von Feuchtigkeit ziemlich begierig Sauerstoff aus der Luft anzieht. Das Gestein lockert sich dadurch auf und zerfällt zuerst in einzelne Schieferstücke und Blättchen, dann in einen lockern thonigen Boden. — Aehnlich verhält sich der Chlorit- und Talk-Schiefer. Beide bilden einen für das Pflanzenwachsthum nicht günstigen Boden.

Da die Feldstein-Porphyre sehr häufig zu den härtesten plutonischen Gesteinen gehören, so verwittern sie in der Regel schwer, obwohl ihr Hauptbestandtheil sonst durch die Kohlensäure der Luft und des Wassers leicht zersetzt wird. Besonders schwierig verwittern die Hornstein-Porphyre. Sind dagegen die Feldstein-Porphyre zu weniger harten Massen zusammen geschmolzen und enthalten sie überdiess beträchtliche Mengen von Eisenoxydul, so erfolgt auch ihre Verwitterung rascher. Die Feldspath-Krystalle und Körner, welche sich häufig im Porphyrteige finden, widerstehen der Einwirkung der zersetzenden Einflüsse weniger; es ist daher eine sehr häufige Erscheinung, dass sich diese Krystalle und Körner verwittert zeigen, während die härtere, dichte Grundmasse des Porphyrs unzerlegt geblieben ist.

Syenit enthält zwei Bestandtheile in reichlicher Menge, Kali im Feldspath und Eisenoxydul in der Hornblende, welche ziemlich leicht neue Verbindungen mit Kohlensäure und Sauerstoff eingehen. Die Syenite gehören daher in der Regel zu den nicht schwer verwitternden Gesteinen und diess gilt besonders von den mehr lockern, grobkörnigen Abänderungen. Wenn die Verwitterung vollständig erfolgte, so liefern die Syenite einen thonigen Boden, ähnlicher jenem des Gneisses, als dem sandigen des Granits. — Dem Syenit nähert sich in der Art seines Verwitterns der Gabbro.

Die harte Beschaffenheit des Diorits ist die Ursache, dass diese Felsart trotz ihrem reichlichen Gehalt an Albit und Eisenoxydul, doch zu den sehr schwer verwitternden gehört. Ist aber endlich die Zersetzung dieses Gesteines erfolgt, so bildet dasselbe einen der Vegetation sehr günstigen Thonboden.

Die Serpentine widerstehen zersetzenden Enwirkungen sehr lange. Das Eisenoxydul dieser Gesteine geht allmählig in Eisenoxydhydrat über, wodurch sie an ihrer Oberfläche gelb und braun gefärbt werden. Zugleich bilden sich auf den Serpentin-Felsen zahlreiche Risse und Furchen. Durch das vollständige Verwittern des Serpentins entsteht eine nur wenig fruchtbare Erde.

Ueber Verwitterbarkeit vulkanischer Felsarten mögen die folgenden Bemerkungen genügen.

Am leichtesten verwittert unter diesen Gebirgsarten der Trachyt nach der Zersetzungstheorie der Feldspathgesteine. Er liefert einen fruchtbaren Thonboden. — In ähnlicher Weise, doch minder leicht sind die härtern Klingsteine der Verwitterung unterworfen. — Basalt und Dolerit verwittern theils durch ihren Gehalt feldspathiger Mineralien, theils durch die Oxydation des reichlich in ihnen vorkommenden Eisenoxyduls. Die Zersetzung des Feldspaths verwandelt jene Gesteine in eine lockere fruchtbare Ackererde und indem sich das Eisenoxydul in Oxyd oder in Oxydhydrat verwandelt, bedecken sich die Basalt- und Doleritfelsen mit braunrothen, braunen oder schmutzig gelben Ueberzügen. In andern Fällen wird das Eisenoxydul durch Kohlensäure oder organische Säuren enthaltendes Wasser ausgezogen und dann färbt sich das dunkle Gestein graulich, es bleicht aus. Diese Verwitterung erfolgt bald in längerer bald in kürzerer Zeit, je nach der mehr oder weniger harten Beschaffenheit jener Felsarten. — In ganz ähnlicher Weise wie dieselben verwittert der Melaphyr.

Ein äusserst verschiedenes Verhalten in Bezug auf ihre grössere oder geringere Verwitterbarkeit zeigen die neptunischen Gesteine in Folge ihrer sehr verschiedenen chemischen Zusammensetzung.

Die Sandsteine sind bald dem Verwittern gar nicht unterworfen, bald mehr oder weniger leicht, je nach ihrer verschiedenen chemischen und physikalischen Beschaffenheit. — Quarzsandsteine trotzen auf das Hartnäckigste der Wirkung zersetzender Einflüsse. Es ist diess sehr begreiflich, da der Quarz durch den atmosphärischen Sauerstoff nicht und durch die Kohlensäure des Wassers kaum verändert wird. — Die Kalk- und Mergel-Sandsteine dagegen treten an die Kohlensäure der Luft und des Wassers von ihrem kalkigen Bindungsmittel ab und verlieren dadurch ihren Zusammenhang. — Sandsteine jeder Art, welche Eisenoxydul enthalten, sind durch die Oxydation desselben zum Verwittern geneigt. — Die grössere oder geringere Verwitterbarkeit der Sandsteine hängt ferner und ganz besonders von ihrer physischen Beschaffenheit ab. Dünnschiefrige Sandsteine verwittern im Allgemeinen weit leichter als dickschiefrige oder gar als solche, die in mächtige Bänke abgetheilt sind. Ganz vorzüglich aber beruht die leichte Verwitterbarkeit mancher Sandsteine auf ihrer geringen Härte. In einen weichen Sandstein dringt das Wasser leicht ein, zieht sein kalkiges Bindemittel aus und lockert ihn schon dadurch auf, oder indem es gefriert zersprengt es das weiche Gestein, welches dann beim Aufthauen in Geschiebe und Schiefer oder in Sand zerfällt. — Der aus dem Verwittern der Sandsteine entstandene Boden ist sehr unfruchtbar, wenn dieselben zum bei weitem grössten Theil aus Quarzkörnern bestunden; günstiger aber für den Pflanzenwuchs, wenn die Sandsteine reich waren an thonigem, kalkigem oder mergeligem Bindemittel, oder wenn sich dem durch Verwittern gebildeten Boden die Thone und Mergel der Schichtenklüfte beimengten.

Kalksteine verwittern vorzugsweise auf mechanischem, weniger auf chemischem Wege. Die Kohlensäure des Wassers löst wohl nach und nach Kalksteine auf oder veranlasst, dass sich dieselben mit Kalktuff oder Kalksinter überziehen. Allein diese Wirkung ist nicht zu vergleichen mit den Veränderungen, welche das Wasser dadurch hervorbringt, dass es in Kalksteine hineinsickert oder Risse und Spalten derselben erfüllt. Das in den Kalkstein eingedrungene Wasser lockert ihn nach und nach auf und wenn es

gefriert, zersprengt es durch seine Ausdehnung das Gestein. Die thonigen, mergeligen Kalksteine besitzen eine geringere Härte, einen minder festen Zusammenhang als reine Kalksteine; die erstern verwittern daher in der Regel mehr oder weniger leicht, während die letztern der Zerstörung hartnäckig widerstehen. Ein Beispiel geben die Kalksteine des obern Jura. Während der reine, massige Korallenkalk Jahrtausende lang allen zersetzenden Einflüssen trotzt, zerfällt der mergelige, geschichtete Spongitenkalk in zahllose Bruchstücke, welche überall die Felder wie Scherben bedecken und unfruchtbar machen. — Was von den Kalksteinen bemerkt wurde gilt im Allgemeinen auch von den Dolomiten. Ihre grössere oder geringere Verwitterbarkeit hängt von ihrem grössern oder geringern Thongehalt ab, welcher im Allgemeinen auch ihre Härte bedingt, so zwar, dass die weichern mergeligen Dolomite leichter verwittern als die härtern, reinern.

Die Mergel und Thone gehören zu den leicht verwitterbaren Felsarten und diess schon darum, weil sie in der Regel eine mehr oder weniger weiche, häufig sogar nur eine erdige Beschaffenheit besitzen. Die zerstörenden Einflüsse wirken auf diese Gebilde mehr auf mechanische als auf chemische Weise.

Gypsmassen sind leicht zerstörbar, theils schon wegen der weichen Beschaffenheit des Minerals, theils auch wegen der Löslichkeit des Gypses in Wasser.

Die verschiedene Verwitterbarkeit der Gesteine und der verschiedene Widerstand, welchen ein und dasselbe Gestein den zerstörenden Einflüssen entgegenstellt, bringen manchmal Erscheinungen hervor, die eine kurze Erwähnung verdienen. Porphyrartige Granite z. B. verwittern in der Weise, dass zuerst die Grundmasse zersetzt wird und dadurch die Feldspathkrystalle aus dem verwitterten Gestein hervorstehen. Quarzgänge, welche den zerstörenden Agentien trotzen, haben sich mehr oder weniger vollständig erhalten, während das Nebengestein zu Tag theilweise zerstört ist. Solche Quarzgänge ragen dann mauerartig aus dem verwitterten Gestein hervor, bisweilen 20, 30 und 40′ hoch. Solche Fälle beobachtet man bei Trarbach in der Rheinpfalz, bei Lyon, im Morvan in Frankreich, in Irland u. s. w.

Wenn Granitmassen grösstentheils verwittert sind, so bleiben nicht selten einzelne Felsen stehen, welche in Gestalt von Säulen oder Pfeilern über ihre Unterlage hervorragen. Auf diesen verein-

zelten Felspfeilern liegen nicht selten abgerundete Granitblöcke fast frei schwebend, bisweilen zwei oder mehrere übereinander wie künstlich aufgethürmt. — In ähnlicher Weise, durch theilweises Verwittern früher zusammenhängender Felsmassen, erklärt sich die beim ersten Anblick so auffallende Erscheinung des Hervorstehens vereinzelter Pfeiler verschiedener Gesteine, theils auf den Höhen der Berge, theils in den Thälern. Hieher gehören z. B. die säulenförmigen Felsmassen aus Porphyr und Porphyrbreccie bei Herrenalb und Baden im Schwarzwald, die Sandstein-Pfeiler bei Trarbach in der Rheinpfalz, die malerischen Sandstein-Pfeiler bei Adersbach in Böhmen und im Bielergrund in der sächsischen Schweiz.

Die zerrissenen thurm- und zinnenförmigen Gestalten, welche die Felsen in der Alpenkette so häufig zeigen, sind zuverlässig nicht blos die Folgen früherer Hebungen und Erschütterungen, sondern des beständig noch fortdauernden Verwitterns. Diess geht daraus hervor, dass diese Felsen ihre Gestalt beständig noch verändern und sich mit immer neuen Schuttmassen umgeben. Zumal da, wo in den Alpen leicht verwitternde Gesteine mit weniger zerstörbaren wechseln, zeigen sich solche Erscheinungen oft in grossartigem Maassstab. An Abhängen oder auf Hochflächen, sagt Studer, ragen Felskuppen festerer Felsarten, Kuppen von Kalkstein, Quarzfels, Serpentin, Diorit, Hunderte von Fussen aus einem Boden hervor, der aus leichter zerstörbarem Schiefer oder Flysch besteht und es ist nicht zu bezweifeln, dass dieser Flysch sie früher als stockförmige Massen und Einlagerungen ganz umschlossen habe. — Aehnliche Hervorragungen gehen in den Alpen manchmal so sehr ins Grosse, dass die Gesteine, welche dem Verwittern widerstunden, in Gestalt von ganzen Bergen sich aus der zerstörten Umgebung emporheben.

b. Zerfallen der Gesteine in Geschiebe und Felsblöcke. — Wenn die Agentien, welche Zerstörungen der Gesteine hervorbringen, nicht nur auf die Oberfläche derselben wirken, so geschieht es nicht selten, dass grössere Bruchstücke von den Felsen losgetrennt werden. Diese Lostrennung erfolgt besonders durch das Gefrieren des Wassers in den Felsspalten und Schichtenklüften nach der oben S. 341 näher auseinandergesetzten Weise. Chemische Zersetzungen mancher Gesteine können wohl auch die Lostrennung grösserer oder kleinerer Felstrümmer bewirken, aber auf diese Art geschieht die Zerstörung ungleich weniger häufig als auf mechanischem Weg. Das Gefrieren des Wassers bewirkt im Hoch-

gebirge nicht selten grössere Felsstürze, welche sich dann besonders im Frühling ereignen und nicht selten Unglücksfälle veranlassen. — In Folge dieses Zerfallens der Gesteine in grössere oder kleinere Bruchstücke bedecken sich ferner die Abhänge der Berge sehr häufig mit mehr oder weniger ausgedehnten Schutthalden. Indem die Einstürze nur allmählig im Laufe der Zeiten erfolgten, können sich schon nach und nach so bedeutende Trümmermassen aufhäufen, dass sich dieselben von den Höhen bis in das Thal hinabziehen und bisweilen zu kleinen Hügeln sich aufthürmen. Diese durch Einstürze gebildeten Trümmeranhäufungen, die Sturzwälle, unterscheiden sich von andern Schuttmassen durch folgende Merkmale: Sie ziehen sich von den Höhen bald in steiler, bald in sanfter Abdachung in das Thal hinab. Die Trümmer sind alle eckig, wenn nicht später auf den Sturzwall durch eine Strömung abgerundete Gesteine, Gerölle hingeschwemmt oder durch einen Gletscher hinaufgeschoben wurden. Die grössten Trümmerblöcke haben sich bei weitem in grösster Anzahl an dem untersten Ende des Walles an seiner tiefsten Stelle im Thale angesammelt. Die Gesteine, welche den Sturzwall bilden, stehen an den benachbarten Felsen an.

2. Zerstörungen durch Auswaschung der Gesteine.

Wenn das Wasser anhaltend und wiederholt auf weiche Gesteine einwirkt, z. B. auf Thone, Mergel, Sand und weiche Sandsteine, so vermag es dieselben aufzulockern und öfters beträchtliche Veränderungen der Erdoberfläche hervorzubringen, auch ohne dass zugleich eine starke Strömung die aufgelockerten Materialien fortführt. Kommt das Wasser andauernd in Berührung mit Gesteinen, welche sich in demselben unmittelbar auflösen wie z. B. Gyps, oder durch die freie Kohlensäure wie namentlich Kalksteine, so können dadurch ebenfalls beachtenswerthe Veränderungen der Gesteine hervorgebracht werden.

In lockern Boden graben die atmosphärischen Wasser Rinnen ein und an steilen Abhängen waschen sie die durch Verwittern gebildete Dammerde ab, so dass dadurch die nackten Felsen zu Tage kommen. Findet die Aufweichung und Auswaschung an einem Bergabhange statt, so verlieren nicht selten die lockern Materialien ihren Zusammenhang und sie rutschen häufig mit dem ganzen sie

bedeckenden Pflanzenwuchs über den Abhang hinunter, es erfolgt ein Erdrutsch oder Bergschlipf. — In den Steppen des südlichen Russlands gräbt sich das Regen- und Schneewasser zahllose Rinnen in den Boden und fliesst in denselben mit Dammerde beladen den Niederungen zu. An steilen Gehängen der Berge und an der Seeküste werden solche Rinnen oft zu breiten und tiefen Schluchten ausgewaschen.

Kalkstein-Felsen werden bisweilen, zumal in den Alpen, durch die Kohlensäure des Wassers auf eine merkwürdige Weise angegriffen. Wenn das Wasser einige Zeit an einer Stelle verweilen kann, so löst es den Kalk als saures kohlensaures Salz auf. Indem es langsam abfliesst findet diese Auflösung beständig statt und so bildet sich zuerst eine kleine flache Rinne, in welcher sich immer neues Wasser sammelt. Durch die immer sich wiederholenden Lösungen des Kalksteins vertieft und erweitert sich diese Rinne immer mehr und mehr, so dass endlich im Laufe der Zeiten Hohlkehlen entstehen, bald nur ein paar Linien, bald mehrere Zoll, bald einige Fuss tief. Diese Rinnen, welche bisweilen in grosser Menge und nach verschiedenen Richtungen über die Kalkfelsen hinlaufen hat man Karrenfelder oder Schratten genannt. Sie finden sich besonders ausgezeichnet in den Kalkalpen, so namentlich auf der Gemmi, auf der Bättenalp am Faulhorn, auf dem Säntis u. s. w.

Wenn die Auswaschungen unter Tag erfolgen, so bringen sie bisweilen eine Aufhebung des Zusammenhangs der übereinander liegenden Felsmassen, Unterwaschungen und dadurch nicht selten beträchtliche Zerstörungen in Folge von Einstürzen hervor. Lockern diese Unterwaschungen die Unterlage der Gesteine nicht in grösserm Umfange auf, so ist die zerstörende Wirkung entweder nur wenig merklich oder es gleiten keine sehr beträchtlichen Gesteinsmassen an den Abhängen der Berge hinunter. Es bilden sich nur sog. Erdrutsche. Bisweilen aber werden die weichern sandigen, thonigen oder mergeligen Unterlagen harter geschichteter Gesteine auf grössere Erstreckung aufgelockert und weggespült. Haben nun die Schichten noch eine geneigte Stellung, so stürzen die ihrer Unterlage beraubten Felsmassen an den Abhängen des Berges in mehr oder weniger beträchtlicher Ausdehnung und Mächtigkeit herunter, es entsteht ein Bergsturz. Eine solche Aufweichung und Unterwaschung der weichern Zwischenlager fester Gesteine veranlasste im Jahr 1806 den unglücklichen Bergsturz am Rossberg

im Kanton Schwyz, wodurch die Dörfer Goldau, Lowerz, Büsingen und Röthen verschüttet und gegen 500 Menschen unter Felstrümmern begraben wurden.

Bisweilen findet die Unterwaschung im Innern der Erde in der Weise statt, dass die Gesteine, welche ihre Unterlage verloren haben, nicht am Abhange eines Berges hinunter, sondern senkrecht in die Tiefe stürzen. Dadurch entsteht eine Oeffnung im Boden von grösserm oder geringerm Umfang und grösserer oder geringerer Tiefe. Solche senkrechte Einstürze pflegt man, zum Unterschied von den eigentlichen Bergstürzen, Erdfälle zu nennen.

Unterirdische Auswaschungen erfolgen manchmal durch Quellen oder Bäche, die sich im Innern der Gebirge durch kleinere oder grössere Wasseransammlungen gebildet haben. Durch solche Auswaschungen entstehen öfters grössere Höhlen und lange Kanäle, welche bisweilen zu beträchtlichen Wasserbehältern werden. Dergleichen unterirdische Aushöhlungen, durch mechanische und chemische Wirkung der Wasser gebildet, kommen in vielen Gebirgen vor. Es gehören z. B. hieher die sog. Kalkschlotten in Thüringen, die grossen Höhlen und unterirdischen Kanäle in Krain, Illyrien und Dalmatien, dann sehr wahrscheinlich auch die sog. Katabothra in Griechenland. — Es bedarf übrigens kaum der Bemerkung, dass bei weitem nicht alle unterirdischen Höhlen und Kanäle Folgen von Auswaschungen sind. Sehr viele entstunden durch Zusammenziehung der Gesteine beim Erkalten oder Eintrocknen derselben und andere durch Spaltenbildungen bei Hebungen und Erschütterungen der Gebirge. — Wenn in unterirdischen Höhlen und Kanälen grössere Wasseransammlungen sich gebildet haben, so bahnen sich dieselben nach und nach einen Ausweg zu Tage. Daher rührt es, dass in manchen Gegenden ganze Bäche plötzlich aus dem Gebirge hervorströmen. Diese Erscheinung zeigt sich z. B. an mehreren Stellen im süddeutschen Jura, so beim Dorfe Aach, zwischen Engen und Stockach, dann beim Dorfe Schlatt im Breisgau; ferner im Schweizerjura bei Dachsfelden, Biel, Neuenburg und Orbe; dann gehört hieher der Ursprung des Flusses Sorgue bei Vaucluse u. s. w. — Umgekehrt fliessen bisweilen Tagwasser in solche unterirdische Höhlen und verschwinden dadurch auf kürzere oder längere Strecken, um an einer andern Stelle aus diesen Höhlen wieder zu Tag zu fliessen. Hieher gehörige grössere Beispiele bilden die bekannte Perte du Rhône und das Verschwinden

der Reka bei Triest, ein kleineres, das Verschwinden der Steina bei kleinem Wasserstand, unweit Thiengen bei Waldshut in Baden.

3. Zerstörungen der Erdoberfläche durch Strömungen.

Um die zerstörenden Wirkungen, welche Strömungen hervorzubringen vermögen, in einer gewissen Ordnung kennen zu lernen, wollen wir zuerst die hieher gehörigen Erscheinungen im Allgemeinen betrachten, dann die Zerstörungen durch Bäche und Flüsse, durch Schlammströme, durch Seedurchbrüche, durch Meeresströmungen und endlich durch verschiedene Ueberschwemmungen.

a. Allgemeine Zerstörungen durch Strömungen.

Wasserglättungen. — Wenn eine heftige Strömung Gesteinstrümmer mit sich fortreisst und mit diesen sich über Felsen ergiesst, so entsteht eine Reibung der Gesteine an den Felsen, wodurch die Oberfläche derselben verändert wird. Diese Reibung ist um so stärker, je heftiger die Strömung und je mächtiger die Trümmermasse ist, welche über die Felsen hin bewegt wird. Durch den Druck der bewegten Trümmermassen werden die Felsen abgerieben, geglättet und polirt, es bilden sich auf ihrer Oberfläche Wasserglättungen. Diese sind durch folgende Merkmale bezeichnet: Durch die Abreibung der Ecken und Kanten runden sich die Felsen zu, so dass sie auf ihrer Oberfläche neben einander liegende Rundhöcker und Wülste zeigen, zwischen welchen flache Vertiefungen liegen. Die Zahl dieser Rundhöcker und Wülste hängt davon ab, ob die Felsen ursprünglich mehr höckerig oder eben waren. Wenn sich z. B. eine glatte ebene Felsfläche der Wirkung des Wassers darbot, so sind auch die abgeriebenen Felsen fast eben, ohne vorstehende Rundhöcker. Zeigen die Felsen vor der Abreibung stark vorstehende Kanten und Spitzen, dann entgehen diese häufig einer vollständigen Abrundung. Die von der Strömung fortgerissenen Gesteinstrümmer werden nämlich nur zum geringsten Theil über die schmalen Kanten und Ecken hin bewegt, die meisten gleiten neben denselben vorüber. Bei dieser Gestalt der Felsen stehen dann mangelhaft abgenutzte Ecken und Kanten über dieselben hervor, aber daneben sieht man zugleich die Rundhöcker und Wülste und zwischen denselben die breiten flachen Vertiefungen. Bisweilen zeigen sich auch auf den abgeriebenen Felsen schmälere rinnen-

förmige Vertiefungen. — Die Reibung der Gesteinstrümmer hat ferner zur Folge, dass die Oberfläche der Felsen geglättet, bisweilen blank polirt wurde. Diese Glättung und Polirung hängt ab theils von der Heftigkeit der Strömung und von dem grössern oder geringern Druck, welchen die Trümmermassen durch ihre verschiedene Mächtigkeit auf die Felsen ausüben, theils von der Härte der fortgerissenen Trümmer im Vergleich zu jener der Felsunterlage. Je heftiger die Strömung, je grösser der Druck der fortbewegten Trümmer und je härter die Gesteine, aus welchen dieselben bestehen, desto vollkommener ist auch die Glättung und Polirung. Es zeigt sich in dieser Beziehung dasselbe Verhältniss wie bei der mehr oder weniger vollständigen Abrundung, Glättung und Polirung, welche die Strömungsgerölle selbst erlitten haben. Wie die von einer Strömung fortgerissenen Gesteinstrümmer durch die Reibung an einander sich in verschiedenem Grade zurunden und glätten, so wirken auch die Trümmer selbst auf die Felsen. — Werden sehr harte Gesteine über eine weichere Unterlage fortgerissen, z. B. Quarze und Feldspath über Kalksteine und ist zugleich die Trümmermasse bedeutend, so graben diese harten Gesteine in die weichere Felsunterlage Furchen ein und durch die vorstehenden feinern Spitzen der harten Trümmer werden die Gesteine geritzt. Diese Furchen und Ritzen laufen auf dem geglätteten Fels in derselben Richtung, welche die Strömung verfolgte. — Auf den Wasserglättungen der jetzigen Gebirgsbäche und der Flüsse kommen solche Furchen und Ritzen öfters nicht vor, theils weil der Druck der über die Felsen bewegten Geschiebe und Gorölle nicht gross genug, theils weil der Unterschied in der Härte der Trümmer und der Felsunterlagen zu unbedeutend ist. Desto ausgezeichneter finden sich diese Furchen und Streifen, über welche grosse urweltliche Strömungen hingingen und zwar in Fällen, wo auch nicht der mindeste Zweifel obwaltet, dass die Geröllmassen, welche die geglätteten und gestreiften Felsen bedecken, durch Wasser herbeigeführt wurden.

Bisweilen beobachtet man, dass die Wasserglättungen vorzugsweise oder ausschliesslich auf der Seite der Felsen vorkommen, welche der Richtung der Strömung zugekehrt ist und an welcher also die herbeigeschwemmten Gesteinstrümmer anprallen, an der Stossseite. Dagegen findet man dann die entgegengesetzte Seite dieser Felsen, gewöhnlich die thalabwärts gekehrte, die Abfallseite minder gut oder auch nur sehr unvollkommen geglättet.

Häufig aber zeigen sich die Wasserglättungen auf den Felsen nach allen Richtungen, sowohl auf der Stoss- als auf der Abfallseite.

Riesentöpfe. (Felsenbecken, Wasserlöcher.) — Bisweilen wirkt das Wasser anhaltend auf eine und dieselbe Stelle der Felsen. Nicht selten geschieht diese Wirkung dadurch, dass es sich in einer kleinen flachen Vertiefung der Felsoberfläche ansammelt; oder dadurch, dass es von einer gewissen Höhe beständig auf dieselbe Stelle herunterfliesst; oder endlich so, dass Gerölle, welche die Strömung fortreisst, durch ein Hinderniss aufgehalten werden und auf dem nämlichen Platze anhaltend in drehende Bewegung gerathen. Durch diese Einwirkungen auf eine und dieselbe Stelle entsteht nach und nach auf dem Gestein eine Vertiefung, welche immer grösser wird, so dass sie bisweilen eine Breite und Tiefe von mehreren Fuss erreicht. — Man hat früher solche senkrechte Löcher in den Felsen als künstlich erzeugt betrachtet und als Denkmale uralter Völker angesehen. Da sich aber diese Aushöhlungen der Gesteine, die Riesentöpfe, Felsenbecken oder Wasserlöcher, heutzutage noch in der oben angegebenen Weise bilden, so bleibt über ihre Entstehungsart kein Zweifel. Vortreffliche Gelegenheit, die Bildungsweise dieser Vertiefungen zu beobachten, findet sich bei kleinem Wasserstand an dem Rheinstrudel bei Laufenburg. Auf den durch die heftige Strömung des Strudels geglätteten und gerundeten Gneissfelsen zeigen sich mehrere grössere und kleinere Riesentöpfe und auf dem Boden von mehreren derselben liegen noch Gerölle, deren Reibung auf dem Gestein die Aushöhlung bewirkt hat und noch bewirkt. Auch ganz in der Nähe des Rheinfalls bei Schaffhausen auf dem rechten Ufer des Flusses, jedoch ausser dem jetzigen Bereiche desselben, findet sich ein Riesentopf von beträchtlichem Umfang und ansehnlicher Tiefe. In den Alpen endlich und in Skandinavien zeigt sich diese Naturerscheinung gar nicht selten.

(Die Wirkung des Wellenschlages soll bei den Zerstörungen durch das Meer betrachtet werden, da sich dort diese Wirkung am grossartigsten zeigt.)

Zerstörung der Felsen durch Strömungen. — Durch die Heftigkeit des Stosses starker Strömungen, zumal wenn sie Trümmermassen mit sich fortreissen, werden grössere oder kleinere Felsvorsprünge bald plötzlich, bald nach und nach von den festen Gesteinen losgetrennt und durch die Strömung mit fortgerissen. Um so leichter also kann die Gewalt einer Strömung lockere

Gesteine, Thon, Mergel, Sand oder Dammerde fortschwemmen und dadurch manchmal grosse Zerstörungen bewirken.

Diese Zertrümmerung der Felsen und die Fortschwemmung loser Gesteine kann im Laufe der Jahrtausende die Gestalt der Bergabhänge wesentlich verändern. Offenbar aber schrieben die ältern Geologen den zerstörenden Strömungen eine viel zu grosse Wirkung zu, wenn sie annehmen, dass tiefe und breite Thäler auf diesem Wege entstanden seien. Wenn auch bei der Bildung mancher Thäler im neptunischen Gebirge Strömungen bedeutend mitwirkten, so ist es doch gewiss übertrieben von dieser Ursache allein die ganze Thalbildung abzuleiten.

Geröllbildung durch die Strömungen. — Die Trümmer, welche die Strömungen von den Felsen lostrennen und jene, welche sie auf ihrem Wege finden, werden oft in zahlloser Menge von den Wassermassen fortgerissen. Indem sich die heftig bewegten Gesteine an einander und an festen Felsen reiben, schleifen sich ihre Kanten und Ecken ab und die Trümmer werden dadurch gerundet und geglättet, es bilden sich Gerölle. Durch die Gewalt der Strömung werden diese Gerölle oft sehr weit von ihrer ursprünglichen Lagerstätte fortgeschwemmt. Da die Strömungen thalabwärts gehen und in den flächern und breitern Thalgegenden, welche sich gewöhnlich in den untern Theilen der Thäler befinden, an Kraft abnehmen, so werden die grössten Gerölle in der Regel höher oben in den Thälern abgelagert, thalabwärts immer kleinere und kleinere, bis endlich die schwach gewordene Strömung Lehm, Sand und Schlamm anschwemmt. — War die Strömung sehr heftig, so werden die Gerölle ohne alle Ordnung durch einander geworfen, so dass grosse und kleine auf- und nebeneinander liegen. Bei schwachen Strömungen dagegen setzen sich die Gerölle öfters geschichtet ab mit Zwischenlagen von Sand und Schlamm. — Die Mächtigkeit der Geröllanschwemmungen richtet sich natürlich nach der Grösse und Heftigkeit der Strömung. Bisweilen werden, zumal im Hochgebirge, ganze Geröllhügel ähnlich den urweltlichen Stromwällen durch sehr heftige Strömungen aufgeworfen und die Trümmermassen bedecken manchmal die Thäler in weiter Erstreckung und in ihrer ganzen Breite. In diesen Trümmeranschwemmungen hat sich öfters der Strom, da wo er mit der grössten Geschwindigkeit abfloss, einen mehr oder weniger tiefen Kanal ausgewühlt. — Wie hinter einem Sporn bei Wasserbauten so werden durch

die Strömungen hinter Gebirgsvorsprüngen, in Seitenbuchten der Thäler und zu beiden Seiten des Ausgangs derselben Gerölle, Sand, Lehm und Schlamm nicht selten in beträchtlichen Massen aufgehäuft. — Da wo die Strömung durch eine Thalverengerung oder ein künstliches Hinderniss zusammengedrängt wird, fliesst sie auch mit der grössten Heftigkeit ab. An solchen Stellen reisst sie daher die Trümmermassen gewaltsam mit sich fort und man findet desshalb dort auch keine oder nur wenige gewöhnlich erst später angeschwemmte Gerölle. — Die Grösse der fortgeführten Gerölle hängt von der grössern oder geringern Heftigkeit der Strömung ab, so dass sich darüber nichts Allgemeines bemerken lässt. — Dasselbe gilt von der mehr oder weniger vollkommenen Glättung und Abrundung der Geschiebe. Wenn die Strömung sehr heftig ist, so bedarf es nur einer kurzen Zeit zur Bildung von Geröllen, also zur Abrundung eckiger Geschiebe. Nicht selten beobachtet man, dass eine ganz kurze Strecke unterhalb der Stelle, wo eine Ueberschwemmung begann oder wo die Strömung in Gebirgsbächen stärker wird, sich den eckigen Geschieben mehr oder weniger gut zugerundete Gerölle in beträchtlicher Anzahl beimischen. In steilen Hohlwegen hoch oben auf den Bergen liegen bisweilen zahlreiche gut gerundete Gerölle, welche nur durch vorübergehende Ueberschwemmungen bei Hochgewittern entstanden sein konnten und sich also in kurzer Zeit gebildet haben mussten.

Kraft der Strömungen. — Von der Gewalt, mit welcher starke Strömungen feste Körper fortzureissen vermögen, geben die Gebirgsbäche ein deutliches Beispiel. Bäche, welche bei kleinem Wasserstand fast trocken liegen, vermögen bei hohem Wasserstand zentnerschwere Steine und Blöcke von mehreren Fuss im Durchmesser fortzuwälzen. Ihre Kraft hängt von der Geschwindigkeit der Strömung und von dem Höhendurchmesser der Wassermasse ab. Man hat beobachtet, dass ein Gebirgsbach, welcher mit einer Geschwindigkeit von zwei Fuss in einer Sekunde strömt, Gerölle von einem Zoll im Durchmesser fortzureissen vermag. Bei einem Gefäll von 1—2 Graden reissen solche Bäche Gesteinsblöcke von 1—2′ im Durchmesser fort. — Bei einer grossen Ueberschwemmung, welche 1818 im Bagnethal des Kantons Wallis stattfand, wälzte die Strömung, nach Escher, eine Menge von Blöcken bis zu tausend Cubikfuss Inhalt mit sich fort, welche an den erweiterten Thalstellen fast so hoch aufgethürmt lagen als das Wasser strömte. Im Jahre

1834 erfolgten in den Alpen durch Regen und schnelles Schmelzen der Gletscher beträchtliche Anschwellungen der Gebirgsströme. Diese vermochten, nach Studer, »Felsmassen von 4000 Cubikfuss bedeutend weit fortzuführen und Blöcke von mehr als 1000 Cubikfuss Inhalt wurden bei 12′ hoch über den gewöhnlichen Wasserstand auf andere Blöcke abgesetzt und sind daher nicht nur fortgewälzt, sondern aufgeschnellt oder schwebend getragen worden«.

Diese Thatsachen erklären auf das Genügendste die ungeheuren Wirkungen urweltlicher Strömungen. Wenn man die grossen und tiefen Wassermassen derselben berücksichtigt und ihr häufig sehr bedeutendes Gefäll, so erstaunt man nicht mehr über die grossartigen Geröllablagerungen der Diluvialgebilde.

Sowie die Strömungen sich mehr ausbreiten, namentlich dadurch, dass sie aus einem engen Thal in ein weiteres oder in eine Ebene gelangen, so nimmt ihre fortschaffende Kraft bedeutend ab. Sie setzen daher in solchen Thalerweiterungen die grösseren Trümmer fast alle ab und wenn manche noch weiter fortgeführt werden, so sind diess jene, die in der Mitte der Strömung sich befinden, wo diese ihre grösste Geschwindigkeit und Kraft besitzt. Es bedarf kaum der Bemerkung, dass die Strömungen überhaupt dadurch, dass sie durch Entfernung von ihrem Ursprung und durch allmählige Verminderung ihrer Fallgeschwindigkeit und ihrer Wassermasse von ihrer Stosskraft verlieren, auch nach und nach immer kleinere Gerölle und zuletzt nur Sand und Schlamm anschwemmen. So besteht z. B. das Flussbett des Rheins von Basel bis unterhalb Bonn aus Geröllen, welche immer an Grösse mehr und mehr abnehmen und in Holland schwemmt er in seinem Bette nur noch Schlamm und Sand an.

b. Zerstörungen durch Bäche und Flüsse.

Die zerstörenden Wirkungen der Bäche und Flüsse ergeben sich grossentheils schon aus den bisherigen Angaben über die Zerstörungen, welche überhaupt durch Strömungen hervorgebracht werden. Mit ganz besonderer Heftigkeit wirken Bäche und Flüsse im höhern Gebirge, theils weil die Wasser hier ein starkes Gefäll besitzen, theils weil sie häufig in einen engen Raum zusammengedrängt werden und die Höhe der Wassermasse dadurch verhältnissmässig grösser wird. Ganz ausserordentliche Zerstörungen bringen die Wildbäche hervor, welche in den Alpen in Folge

von grossen Gewittern entstehen. Surel hat dieselben sorgfältig beschrieben und seine Beobachtungen hierüber wurden schon oben S. 316 angeführt.

c. Zerstörungen durch Schlammströme.

Das Wasser reisst bisweilen so grosse Massen fester Stoffe mit sich fort, dass es dadurch eine mehr oder weniger dickliche, schlammige Beschaffenheit erhält. Die festen Stoffe sind theils wirklich pulverige, erdige Materialien, theils kleinere und grössere Gesteinstrümmer; manchmal mengen sich diesen mineralischen Stoffen auch Pflanzen bei, namentlich Torf, die Rasendecke des Bodens, Bäume und Gesträuche. Die mit den genannten Stoffen beladenen Wassermassen bringen schon dadurch grosse Zerstörungen hervor, dass jene festen Materialien bei nur einigermassen beträchtlicher Fallgeschwindigkeit mit grosser Gewalt an die Gegenstände anstossen, welche dem Strome im Wege liegen. Ihre zerstörende Wirkung vermehrt sich aber noch beträchtlich dadurch, dass an gewissen Stellen die Fortschaffung der festen Bestandtheile des Schlammstromes gehindert, und dadurch das Wasser aufgestaut wird. Indem sich der Druck der aufgestauten Wassermasse immer vermehrt, bricht diese endlich gewaltsam durch und bringt auf diese Weise um so grössere Verheerungen hervor.

Solche Erscheinungen beobachtet man in den Torfmooren in Irland. Wenn sich durch anhaltende Regengüsse in diesen Mooren zu viel Wasser angesammelt hat, so zerstört es die Dämme und es bricht ein mit Torfmasse beladener Schlammstrom durch, welcher Gesteinstrümmer und unter denselben sogar grosse Blöcke mit sich fortreisst und auf dem Wege, den er durchläuft, grosse Zerstörungen anrichtet.

Bei vulkanischen Ausbrüchen ergiessen sich bisweilen, namentlich auf Java, in Peru und Quito, grosse Schlammmassen aus dem Vulkan, die manchmal sehr bedeutende Verheerungen bewirken. So strömt z. B. aus den Vulkanen in Quito eine graue oder schwarze Schlammmasse, die sog. Moya, welche die Umgebungen des Vulkans stundenweit überdeckt und sich bisweilen zu Wällen und Hügeln aufhäuft. Oefters bringt das aus den unterirdischen Behältern des Vulkans hervorströmende schlammige Wasser Fische zu Tage (Pimelodes cyclopum von Humb.), manchmal in so ungeheurer Menge, dass die Fäulniss derselben Krankheiten erzeugt.

e. Zerstörungen durch heftige Bewegung des Meeres.

Die gewöhnlichen Meeresströmungen und die regelmässige Fluth besitzen eine zu geringe Geschwindigkeit, um beachtenswerthe Veränderungen an den Ufern des Meeses hervorzubringen. Die Zerstörungen der Gestade rühren desshalb fast ausschliesslich von den heftigern Bewegungen des Meeres durch Winde und Stürme her. Wenn die heftig bewegten Wassermassen an den Ufern anprallen oder Brandungen bewirken, so bringt die ungeheure Gewalt des Stosses Zerstörungen hervor, welche zwar mit jenen, durch die Strömungen von Flüssen und Bächen hervorgebracht, viele Aehnlichkeit zeigen, aber dieselben häufig an Grossartigkeit weit übertreffen. — Durch diese zerstörenden Wirkungen der Meeresfluthen werden die Felsen zugerundet und geglättet, die Gesteine in der Weise ausgewaschen, dass Höhlungen in denselben entstehen, Felsen angenagt und dadurch in ihrem Zusammenhange getrennt, Ablagerungen unterwaschen und zum Einstürzen gebracht, endlich grössere oder kleinere Strecken festen Landes ganz fortgeschwemmt, wodurch sich der Umfang der Meere vergrössert. — Wir wollen diese verschiedenen, zerstörenden Wirkungen etwas näher betrachten. Von der bildenden Thätigkeit des stark bewegten Meeres, von den Anschwemmungen, welche dasselbe erzeugt, war schon früher S. 305 u. ff. die Rede.

Wie die Strömungen überhaupt Wasserglättungen hervorzubringen vermögen, so erzeugt der fortdauernde Andrang der Meereswogen an felsigen Gestaden Abrundung und Glättung der Gesteine. Diese Veränderung der Oberfläche der Felsen stimmt im Wesentlichen mit den bereits S. 351 beschriebenen Abreibungen und Polirungen durch heftig bewegte Wassermassen überein und es wird daher nicht mehr nöthig dieselben näher zu schildern.

Bisweilen bewirkt das fortdauernde Anprallen der Meereswogen an eine und dieselbe Stelle des Gestades eine allmählige Auflockerung und Fortschwemmung der Gesteine. Dadurch bilden sich Aushöhlungen in denselben, welche immer höher und tiefer werden, so dass endlich grosse Felshöhlen entstehen, nicht selten eine Reihe derselben neben und übereinander. Solche Höhlen haben sich z. B. durch die Brandung gebildet im Meerbusen von Neapel, an der Nordküste von Syrakus, auf den schottischen Inseln u. s. w. Manche ähnliche Höhlen auf dem jetzigen Festlande sind

höchst wahrscheinlich auch durch solche Brandungen urweltlicher Meere entstanden. — Man muss sich indessen hüten diese Höhlenbildungen nicht mit ähnlichen zu verwechseln, welche durch andere geologische Ursachen, namentlich Einstürze, hervorgebracht wurden.

Die beständig wiederkehrenden Brandungen lockern den Zusammenhang der Felsen nach und nach auf und bewirken dadurch bisweilen ein Zusammenstürzen der Gesteine. Diess kann in der Weise erfolgen, dass einzelne, grössern Wiederstand leistende Felsmassen noch längere Zeit stehen bleiben, während das Wasser zwischen denselben Lücken durchgebrochen hat. In Folge dieser Wirkung ragen manchmal im Meere selbst oder am Ufer vereinzelte nebeneinander stehende Felsen in Gestalt von zerrissenen Mauern oder zackigen thurmförmigen Spitzen hervor. In andern Fällen hat die Brandung die Auswaschung und den Einsturz der Felsen in der Weise bewirkt, dass dieselben nur unten getrennt wurden, höher oben aber im Zusammenhang blieben, so dass ein offenes Felsenthor entstund. Von dieser Wirkung der Meereswogen gibt es ziemlich viele Beispiele aus geschichtlicher Zeit und nicht wenige ähnliche Gebilde, die wir an urweltlichen neptunischen Gebilden beobachten, haben wohl denselben Ursprung. — Sehr häufig indessen hat gewiss nicht das Meer allein solche Trennungen der Felsen hervorgebracht, sondern es wirkten dabei noch vorzugsweise Erderschütterungen und Hebungen, sowie auch nicht selten der Einfluss des allmähligen Verwitterns. Bei diesen in urweltlicher Zeit erfolgten Trennungen der Felsen ist es oft nicht leicht mit Wahrscheinlichkeit zu ermitteln, von welchem Einflusse jene Zerstörung herrühre. Es bedarf übrigens kaum der Bemerkung, dass man in Gegenden, wo sich bedeutende Hebungen nachweisen lassen, die Zertrümmerung der Felsen, ihre Zertheilung in zackige thurmförmige Massen, in bei weitem den meisten Fällen diesen Hebungen zuschreiben darf. Grosse Beachtung verdient überdiess bei der Ermittlung der Ursache dieser Naturerscheinung die zerstörende Wirkung des allmähligen Verwitterns, wenn dasselbe Jahrtausende fortwirkt. Schon durch diese Ursache allein lassen sich die oft auffallenden Gestalten und Vereinzelungen mancher Felsen erklären, deren Gesteine durch die vereinigte Wirkung der Luft und des Wassers mehr oder weniger leicht zersetzt werden.

Die Einstürze durch das fortdauernde Anprallen der Meereswogen haben nicht nur die Zerstörung einzelner Felsen, sondern

ganzer Küstenstriche zur Folge. Man hat Beispiele, dass sich auf diese Weise im Laufe der Jahrhunderte die Gestalt der Meeresufer vollkommen verändert hat. Die Zerstörung erfolgt um so leichter, wenn die Ufer sehr steil sind, wodurch, indem die tiefern Felsmassen nach und nach ausgewaschen und weggeschwemmt werden, die höhern Theile der Felsen ihre Unterlage verlieren und dadurch zusammenstürzen. Besonders wird diese Zerstörung der Gestade bei festen Gesteinen dadurch begünstigt, dass die Schichten von dem Meere landeinwärts fallen, die Schichtenköpfe also der See zugekehrt sind. Bei diesem Bau der Felsen an den Gestaden werden Unterwaschungen und dadurch Einstürze sehr begünstigt. Es bedarf ferner kaum der Bemerkung, dass unter sonst gleichen Umständen weichere oder gar lose Gesteine durch die Brandungen viel leichter zerstört werden, als feste harte Felsen. Auch der Wechsel härterer Gesteine mit weichern Zwischenlagern muss, wie von selbst deutlich ist, die Zerstörungen der Ufer durch Auswaschungen der weichern Zwischenlager in hohem Grade befördern.

Sind aber die Seegestade so gebaut, dass die Schichten der Gesteine sich gegen das Meer hinneigen, so widerstehen sie der zerstörenden Wirkung der Brandungen weit länger. Indem nämlich die Wogen, welche an der Küste anprallten, über die geneigte Ebene wieder zurückstürzen vermindern sie die Kraft der nachdrängenden Wassermassen. — Auch wenn das Meer am Ufer nur eine geringe Tiefe besitzt widerstehen die Gesteine der Zerstörung oft länger aus folgendem Grunde: die Trümmer, welche durch die Brandung losgetrennt wurden, können sich, wenn das Meer nicht zu tief ist, am Fusse der Felsen aufhäufen und dadurch nach und nach einen Schuttwall bilden, welcher den ersten Andrang der Wogen abhält und dadurch die Felsen selbst vor weitern Zerstörungen wenigstens theilweise schützt. Man ahmt bekanntlich bei Wasserbauten diese Einrichtung der Natur nach, indem man künstliche Steindämme zum Schutze der Ufer aufführt. — Da wo das Meer schon am Ufer eine grosse Tiefe besitzt stürzen die Trümmer in den Abgrund und jene schützenden Wälle können sich daher nicht bilden. — Flache Ufer endlich sind der Zerstörung durch die Meereswogen im Allgemeinen weniger ausgesetzt, als hüglige oder bergige Gestade. Während nämlich die Wellen an hohen, mehr oder weniger steilen Gestaden oft mit grosser Gewalt anprallen, finden sie an flachen Ufern keinen Widerstand und verlieren daher dort allmählig ihre Kraft, während

sie sich über die ebene Uferfläche ausbreiten. — Bisweilen hat das Meer zwar ganz flache Ufer, aber in einiger Entfernung von denselben fällt der Boden schnell gegen die Tiefe ab. In solchen Fällen können die heftig bewegten Fluthen auch in flachen Gegenden grosse Zerstörungen hervorbringen.

Wenn alle Umstände zusammen wirken, welche Einstürze und Fortschwemmungen der Gesteine durch heftige Meeresströmungen hervorzubringen vermögen, ganz besonders wenn die Ufer aus losen, weichen oder überhaupt leicht zerstörbaren Gebilden bestehen, so sind die Wirkungen des andringenden Meeres nicht selten äusserst grossartig. Das feste Land wird dadurch manchmal in bedeutender Ausdehnung weggeschwemmt, in Meeresboden umgewandelt und so die Gestalt einer ganzen Gegend wesentlich verändert. Man kennt zahlreiche Beispiele solcher Einbrüche des Meeres in geschichtlicher Zeit, von welchen wenigstens einige hier erwähnt werden mögen. Ich führe diese grösstentheils nach den Angaben von Hoff* an:

Die Insel Nordstrand in Schleswig hing früher mit dem Festlande zusammen. Im Jahr 1240, sagt Hoff, wurde ein sehr angebauter und bevölkerter Landstrich, 9—11 geographische Meilen lang und 6—8 Meilen breit, in der Gegend von Nordstrand abgerissen. Die dadurch entstandene Insel hatte gegen das Ende des sechszehnten Jahrhunderts über vier geographische Meilen im Umfang. Neue immer wiederkehrende Fluthen verwüsteten sie zwar oft und nahmen ihr selbst Land weg, doch behielt sie noch lange Zeit gegen 9000 Einwohner und hohe Dämme waren zu ihrem Schutze angelegt worden. Endlich aber im Jahr 1634 am 11. Oktober wurde die ganze Insel überfluthet und gänzlich zerrissen, wobei 1338 Häuser, Kirchen, Thürme u. s. w. zerstört wurden, 6408 Menschen und 50000 Stück Vieh umkamen und von der grossen Insel nichts übrig blieb, als drei kleine Stücke, die Inseln Pellworm, Nordstrand und Lytje-Moor.

Die früher nicht unbedeutende Insel Nortoft, ebenfalls in Schleswig, ist fast ganz vom Meere weggespühlt worden und die Halbinsel Widingharde ebenda hat ungefähr die Hälfte ihrer ehemaligen Grösse verloren.

Helgoland hat ebenfalls in geschichtlicher Zeit durch die Meereswogen bedeutende Zerstörungen erlitten, besonders seit dem

* Natürliche Veränderungen der Erdoberfläche. I, 57.

vierzehnten Jahrhundert, so dass die Insel gegenwärtig nur noch ungefähr den vierten Theil des Umfangs hat, welchen sie vor diesem Jahrhundert besass. Seit dem Jahr 1770 wurde sie durch heftige Strömungen in zwei Inseln getheilt und die Zerstörungen ihrer Ufer dauert beständig noch fort.

Grosse Zerstörungen hat ferner das Meer in geschichtlicher Zeit an den Mündungen der Ems angerichtet. Da wo sich jetzt der Meerbusen Dollart befindet, zwischen Holland und Ostfriesland, war früher eine bedeutende Strecke festen Landes. Im dreizehnten Jahrhundert fanden die ersten Einbrüche des Meeres statt und diese dauerten fort bis ins sechszehnte Jahrhundert, wo der Bau eines grossen Dammes weitern Zerstörungen Schranken setzte. Die vom Meere verschlungene Gegend enthielt nach Hoff die ansehnliche Stadt Torum, 50 Märkte, Dörfer und Klöster, die schönsten und reichsten in Friesland. Die Flüsse Tiam und Eche verschwanden gänzlich aus der Reihe der Flüsse, und die Ems erhielt einen andern Lauf.

Die jetzige Zuydersee in Holland war zur Zeit der Römer noch kein Meerbusen, sondern ein See, welcher den Namen Flevo führte. Gegen das Ende des dreizehnten Jahrhunderts fanden sehr bedeutende Zerstörungen des Landes in dieser Gegend statt, nachdem in frühern Zeiten wiederholte, aber weniger umfangreiche vorausgegangen waren. Die grossen Einbrüche des Meeres in diesem Jahrhundert rissen das Land hinweg, welches den ehemaligen Landsee vom Meere trennte und gaben der Gegend im Wesentlichen ihre jetzige Gestalt.

An den Küsten von England erfolgten in verschiedenen Zeiten wiederholte Fortschwemmungen des Landes und dadurch mehr oder weniger grossartige Zerstörungen und Veränderungen der Gegend. Indem ich die beachtenswerthesten derselben anführe, folge ich hiebei vorzüglich Lyell*.

An der Ostküste von Schottland wurde im Jahr 1795 das Dorf Mathers in einer Nacht durch das Meer weggeschwemmt, welches noch 150 Fuss weiter in das Land einbrach. — In der Bucht des Tay, ebenfalls in Schottland, hat das Meer dreiviertel Meilen Land fortgerissen. — An der Küste von Yorkshire wurden im Laufe der Jahrhunderte mehrere Städte und Dörfer verschlungen, deren Namen

* Lehrbuch der Geologie und neue Veränderungen der unorganischen Welt, übers. v. C. Hartmann.

die Geschichte erwähnt und welche noch auf alten Karten angegeben sind. — Ebenso wurden an der Küste von Norfolk mehrere Dörfer und grosse Flächen Landes im Laufe der Zeiten weggeschwemmt und die Verwüstungen des Meeres dauern hier noch beständig fort. In der Grafschaft Suffolk war einst Dunwich der bedeutendste Seehafen. Diese einst blühende Stadt wurde mit weiten Flächen Landes ihrer Umgebung nach und nach von dem Meere weggespült; jetzt ist sie ein kleines Dorf von ungefähr hundert Einwohnern.

Die angegebenen Beispiele, welche sich leicht vermehren liessen, mögen genügen, um zu zeigen, dass das Meer die Gestalt seiner Ufer durch wiederholte Einbrüche in geschichtlicher Zeit wesentlich verändert hat. Wir dürfen daraus den Schluss ziehen, dass während der unendlich langen vorgeschichtlichen Zeiträume noch weit beträchtlichere Veränderungen durch die Gewalt der Meereswogen auf der Erdoberfläche hervorgebracht wurden.

Verschiedene grössere Ueberschwemmungen.

Sagen und Ueberlieferungen verschiedener Völker sprechen von grossen Wasserfluthen, welche weite Länderstrecken überschwemmten. Es gehört hieher die bekannte biblische Erzählung von der Sündfluth; ferner verdienen in dieser Beziehung Erwähnung die alten Nachrichten von einer ogygischen, deukaleonischen, samothracischen und cimbrischen Fluth.

Die ogygische Ueberschwemmung soll sich mehr als 1700 Jahre vor unserer Zeitrechnung zugetragen und den grössten Theil von Attika und Böotien verwüstet haben. — Der Zeitpunkt der deukaleonischen Fluth wird beiläufig 1500 Jahre vor Christus gesetzt und sie soll sich über den mittlern Theil von Griechenland ergossen haben. — Durch die samothracische Fluth wurde die Insel Samothrace und das benachbarte Festland, wie es scheint durch einen grossen Einbruch des Meeres, überschwemmt. — Die cimbrische Fluth endlich verheerte, beiläufig 300 Jahre vor Christus, Jütland und die benachbarten Gegenden.

Ueber die Zerstörungen, welche die Erdoberfläche durch den Einbruch dieser Fluthen erlitt, hat man so wenig nähere Nachrichten, als über die Naturereignisse, durch welche diese grossen Ueberschwemmungen herbeigeführt wurden. Es besitzen daher diese Katastrophen wohl dadurch allgemeines geologisches Interesse, dass an ihrer Wirklichkeit nicht gezweifelt werden darf; allein sie ge-

währen in wissenschaftlicher Beziehung nur sehr geringe Belehrung. — Nach einer alten Sage soll das schwarze Meer früher abgeschlossen gewesen sein, dann ein Durchbruch desselben durch den Bosporus stattgefunden und dieser die deukaleonische Fluth veranlasst haben. Diese Annahme beruht indessen auf blosen Voraussetzungen, welche nicht durch geschichtliche Thatsachen gehörig unterstützt sind. Es sprechen wohl einige geologische Gründe dafür, dass ein solcher Durchbruch des schwarzen Meeres stattgefunden haben konnte; allein dass dieser in geschichtlicher Zeit erfolgt sei, darüber fehlt es durchaus an irgend zuverlässigen Nachrichten. Wenn also schon das Ereigniss selbst höchstens aus wissenschaftlichen Gründen einige Wahrscheinlichkeit für sich hat, so folgt von selbst, dass sein Zusammentreffen mit der deukaleonischen Fluth nicht historisch nachgewiesen ist.

Die Entstehung jener grossen Fluthen kann überhaupt jetzt nur noch geologisch erklärt, aber nicht mehr geschichtlich ermittelt werden. Nach Analogie mit den Ursachen anderer, in geschichtlicher Zeit erfolgter Ueberschwemmungen, ist wohl kaum zu zweifeln, dass Hebungen und bedeutende Erderschütterungen sehr heftige Bewegungen des Meeres und dadurch grosse Ueberfluthungen veranlassten; oder dass durch Bergstürze Aufstauungen und bedeutende Ansammlungen der Wasser bewirkt wurden, deren Durchbruch dann die Ueberschwemmung zur Folge hatte.

4. Zerstörungen durch Eismassen.

Wir wollen in dieser Abtheilung die Veränderungen betrachten, welche die Erdoberfläche durch die Wirkung der Gletscher und durch jene der schwimmenden Eismassen erleidet; dann anhangsweise noch einiges über Zerstörungen durch Lawinen erwähnen.

a. Die Gletscher, indem sie sich auf geneigter Ebene thalabwärts bewegen, bringen einen starken Druck auf ihre Felsunterlage und auf die an den Thalgehängen zu den beiden Seiten des Gletschers mit ihm in Berührung kommenden Gesteine hervor. Dadurch werden vorstehende Kanten und Ecken der Gesteine abgerundet, die Felsen geglättet und polirt und durch die Reibung harter in das Eis eingefrorner Mineralien gefurcht, gestreift und geritzt. Wir haben bereits früher S. 273 die Merkmale dieser Gletscher-

oder Eisschliffe näher kennen gelernt und es wird daher nicht nöthig nochmals hierauf zurückzukommen.

Wenn diese Abreibung der Felsen Jahrtausende lang fortdauert, so muss nach und nach der Thalgrund dadurch vertieft werden und es müssen sich daher an den Seitenwänden der Thäler Gletscherschliffe zeigen in einer Höhe, welche gegenwärtig von dem Gletscher nicht mehr erreicht wird. — Man beobachtet auch wirklich in den Alpen nicht selten Eisschliffe hoch über der jetzigen Oberfläche der Gletscher.

Diese Erscheinung wird von mehreren Beobachtern als ein Beweis einer ehemaligen, viel grössern Mächtigkeit der Gletscher angesehen. Allein man kann jene Thatsache mit eben so viel Recht in der Weise deuten, wie diess eben geschah. Wenn die Abreibung der Felsen während unendlich langer Zeiträume fortdauerte, so musste dadurch das Thal nach und nach immer mehr ausgefurcht werden und der Gletscher daher in demselben eine immer tiefere Lage erhalten.

Die Steine, welche der Gletscher bei seinem Vorrücken auf dem Thalboden antrifft, und jene, welche von den benachbarten Felsen auf das Eis stürzen, werden von dem Gletscher vorwärts oder zur Seite geschoben. Dadurch bilden sich neben dem Gletscher Schuttwälle, die Gandecken (Moränen.) Je nachdem diese Trümmerwälle am untern Ende des Gletschers oder zu beiden Seiten desselben liegen, heissen sie End- oder Seiten-Gandecken. Wenn zwei oder mehrere Gletscher aus Seitenthälern in einem Hauptthale sich vereinigen schieben sie ihre Seitengandecken zusammen, welche dadurch zwischen die Gletscher, oder wenn die Eismassen sich vereinigt haben, auf den Gletscher selbst zu liegen kommen. Solche Schuttwälle, welche auf dem Eise selbst liegen, heissen dann Mittel-Gandecken, oder Gufer-Linien, nach dem Worte Gufer, welches Felsschutt bedeutet. — Wir haben ebenfalls schon früher S. 273 die weitern Merkmale der Gandecken kennen gelernt, so dass ich mich auf das bereits hierüber Angegebene beziehen darf.

Was die Grösse der Gandecken betrifft, so richtet sich diese theils nach der Grösse des Gletschers, theils nach dem Umstande, ob das Gebirge mehr oder weniger beträchtliche Schuttmassen zu liefern vermag. Bei kleinen Gletschern findet man öfters gar keine Gandecken oder nur Andeutungen derselben. Wo das Gebirge aus

weichen leicht zerstörbaren Gesteinen, z. B. aus weichen Schiefern und Mergeln zusammengesetzt ist, bestehen die kleinen Gletscherwälle nur aus Erde und Schlammmassen mit einzelnen kleinen Trümmern fester Gesteine gemengt. Grosse Gletscher dagegen, welche sich in einem Gebirge befinden, das beträchtliche Trümmermassen zu liefern vermag, sind von Gandecken umgeben, deren Höhe 30—40', ja bisweilen sogar 50—100' erreicht.

Von den Zerstörungen, welche Gletscher dadurch hervorbringen können, dass sie Aufstauungen von Gebirgsbächen und dadurch vorübergehende Bildung von Seen bewirken, die später durchbrechen, war bereits bei einer andern Gelegenheit die Rede. Ich bringe daher diesen Gegenstand hier nur kurz in Erinnerung.

Man hat endlich Beispiele, dass Gletscher in Hochthälern das untere Ende ihrer Eismassen aus dem Thale vor und über einen steilen Gebirgsabhang in der Weise hinausschoben, dass diese Eismassen frei in der Luft schwebten. Der Einsturz dieser Eismassen brachte dann theils durch das Gewicht derselben, theils aber durch den grossen Druck der schnell von ihrem Platze weggepressten Luft mehr oder weniger bedeutende Zerstörungen hervor. So stürzte im Dezember 1819 ein Theil des Weisshorngletschers, in der Nähe des Dorfes Randa im Vispachthal des Cantons Wallis, von einer Höhe von 9000' in dieses Thal herunter. Der ungeheuere Windstoss, welcher dadurch hervorgebracht wurde, zerstörte die Häuser dieses Dorfes, wälzte zentnerschwere Gesteinsblöcke mehrere Klafter weit fort und entwurzelte die stärksten Bäume. Die herabgestürzte Eismasse bestund aus ungefähr 360 Millionen Kubikfuss.

b. Die Veränderungen, welche schwimmende Eismassen auf der Erdoberfläche bewirken, können mit wenigen Worten erläutert werden.

Die Eismassen der nördlichsten Himmelsstriche ragen dort häufig bis in das Meer hinein und sie bedecken sich mit Gesteinstrümmern ähnlich den Gletschern der Alpen. Beim Aufthauen lösen sich bald kleinere, bald sehr beträchtliche Bruchstücke dieser Eismassen ab und werden dann auf dem Meere fortgetrieben. Die Seefahrer der nördlichen Gegenden treffen nicht selten solche schwimmende Eisinseln an, welche nach Scoresby bisweilen 100—200' hoch aus dem Meere hervorragen und einen Umfang bis zu einer englischen Meile erreichen, also nicht unbeträchtliche Eis-

inseln bilden. Auf diesen schwimmenden Eismassen liegen häufig zahlreiche Gesteinstrümmer bis zu kleinern und grössern Blöcken und manchmal ist das Eis mit solchen Trümmern ganz überdeckt. Bald schmelzen diese Eismassen mitten auf dem Meere, die Gesteine sinken also zu Boden und sammeln sich auf dem Meeresgrund. In andern Fällen werden die Eisschollen an das Ufer getrieben, schmelzen dort, und so bedecken sich die Seegestade nach und nach mit Blöcken und kleinern Gesteinstrümmern, welche dem Boden fremd sind, auf dem sie liegen. — Wir haben früher schon darauf aufmerksam gemacht, wie diese unter unsern Augen sich beständig wiederholende Naturerscheinung einen Wink gibt zur Erklärung der Herbeiführung vieler Wanderblöcke. Wenn diese Verbreitungsart derselben in Ländern, welche in der Vorzeit noch mit Meeren bedeckt waren, Jahrtausende lang fortwährte, so konnten im Laufe der Zeiten sehr grossartige Massen solcher Blöcke abgelagert werden.

Der Eisgang der Flüsse wird bisweilen die Veranlassung zur Ablagerung von Gesteinstrümmern und dadurch zu Veränderungen der Erdoberfläche. In nördlichen Gegenden, wo sich die Flüsse mit einer festen Eisdecke überziehen, geschieht es, dass von den felsigen Ufern Steine auf das Eis stürzen. Trennen sich beim Aufthauen die Eisschollen los, so schwimmen diese mit Geschieben und grössern Blöcken beladen die Flüsse hinunter. An geeigneten Stellen des Ufers, z. B. wo dieses eine Bucht bildet, sammeln sich die Eismassen an und lassen dann beim Schmelzen die Gesteinstrümmer zurück. Auf diese Weise werden nach Böthlingk im nördlichen Russland noch immer zahlreiche Wanderblöcke verbreitet und Aehnliches beobachtete Bayfield an den Ufern des Lorenzstromes in Canada.

c. Die Zerstörungen, welche Lawinen hervorbringen, besitzen für Geologie nur untergeordnetes Interesse. Die Lawinen reissen Erde und Gesteinstrümmer, entwurzelte Bäume u. s. w. mit in die Thäler hinunter und häufen dadurch Schuttwälle zusammen. Diese und die Schneemassen der Lawine selbst hemmen den Lauf der Gebirgsbäche, bringen Aufstauungen der Wasser hervor und beim Durchbruch derselben mehr oder weniger verheerende Ueberschwemmungen.

5. Zerstörungen durch Erdbeben.

Schon oben S. 327, als von den Erscheinungen beim Ausbruch der Vulkane die Rede war, haben wir die Erdbeben als die Vorläufer vulkanischer Eruptionen kennen gelernt. In der That ein bedeutungsvoller Zusammenhang, wenn wir weiter hinzufügen, dass überhaupt das Auftreten von Erdbeben von vulkanischen Ereignissen aller Art begleitet wird, so dass aus diesen Thatsachen unmittelbar auf eine gemeinsame Ursache beider geschlossen werden muss.

Wir wollen erst eine Beschreibung dieser grauenvollen Naturerscheinung und der begleitenden Nebenumstände geben, dann die zerstörenden Veränderungen, die sie auf der Oberfläche hervorbringt, untersuchen und zuletzt näher auf die Ursachen dieser Phänomene eingehen. Gleichsam als Vorspiel geht dem Erdbeben meist ein dumpfes donnerähnliches unterirdisches Geräusch voraus, worauf in wenigen Sekunden oder Minuten schnell hinter einanderfolgende Schwankungen des Bodens eintreten und kürzere oder längere Zeit anhalten. Die Schwankungen sind entweder horizontale, wellenförmige oder zitternde, rüttelnde oder verticale Stösse in der Richtung von unten nach oben. Ueber die Dauer dieser Erschütterung, die oft in wenigen Sekunden aufhört, liegen Nachrichten vor, nach denen sie mehrere Jahre sich hingezogen hat. So dauerte das berühmte Erdbeben in Calabrien vom Februar 1783 bis zu Ende des Jahrs 1786.

Die Ausdehnung, in welcher das Erdbeben verspürt wird, ist in jedem einzelnen Falle verschieden; am merkwürdigsten hierin war wohl das Erdbeben von Lissabon (1755), das gleichzeitig in ganz Europa, im nördlichen Afrika und in Centralamerika wahrgenommen wurde.

Was die geographische Verbreitung der bisher wahrgenommenen Erdbeben betrifft, so lassen sich als Hauptherde folgende Gegenden bezeichnen.

1. Die Strecke vom Himalaya bis zu den Azoren, deren Erschütterungen zu verschiedenen Zeiten auch das mittlere Europa in Mitleidenschaft gezogen haben.
2. Der Norden Europas (Island, Scandinavien, Grossbrittanien) mit Grönland.
3. Der stille Ocean.
4. Amerika in seiner Längsausdehnung.

Ueber Erdbeben in Asien und Afrika liegen keine umfassenderen Nachrichten vor.

Die Erdbeben werden zuweilen von grossartigen Erscheinungen in der Atmosphäre und im Meere begleitet, so von heftigen Wirbelwinden und Regengüssen, die durch Schlammanschwemmung die ohnehin schwer heimgesuchte Gegend mitverwüsten helfen. Der Zusammenhang der atmosphärischen Erscheinungen mit den Erdbeben ist indess noch nicht aufgeklärt. Die geologisch wichtigsten Veränderungen der Erdoberfläche, die sie verursachen, sind Erhebungen und Einsenkungen des Landes und Bildung von Spalten und Rissen. Von Erhebungen führe ich hier die der chilesischen Meeresküste an, die am 19. November 1822 auf einer Längserstreckung von mehr denn 100 englischen Meilen weit landeinwärts um mehrere Fuss gehoben wurde.

Ein grossartiges Beispiel von Einsinken liefert das Erdbeben von Caraccas (1812), wobei der Berg Silla über 300′ von seiner Höhe verloren haben soll.

Da Senkungen und Hebungen namentlich am Gestade der Meere und Flüsse stattfanden, so wurden durch diese Nachbarschaft in die Phänomene noch mehr Mannigfaltigkeit gebracht. Durch die Hebungen wurden zuweilen grosse Strecken Meeresboden über den Wasserspiegel gedrückt und grosse Muschelbänke trocken gelegt; die Fäulniss der darauf befindlichen Thiere verpestete so die Luft in grossem Umkreise. — An der Küste von Lincolnshire ist ein ganzer Wald mit noch erhaltenen Blättern und Bäumen ins Meer versunken und darüber hat sich allmählig eine Sand- und Thonschicht abgesetzt.

In nahem Zusammenhang mit der Hebung und Senkung steht die Bildung von Spalten und Rissen in der Erde, die entweder einzeln vorkommen oder radienförmig von einem Punkte nach allen Seiten auslaufen. Bei dem berüchtigten Erdbeben in Calabrien bildeten sich Spalten von einer halben Stunde Länge, über 100′ Breite und bis 225′ Tiefe. Durch die bei der Spaltenbildung thätige Hebung und Senkung werden die Ränder der Spalten häufig ausser Niveau gebracht, ja es entstehen plötzlich Abgründe und kreisförmige, nach unten trichterförmig sich verengende Vertiefungen in der Erde. Aus den Spalten werden zuweilen feste oder flüssige Materien (Sand, Wasser) ausgeworfen.

Durch die Bildung neuer Thäler, Verwerfung u. s. w. wird der

Lauf der Flüsse unterbrochen oder verändert. Sie verschwinden plötzlich in Spalten oder Querwälle treiben sie aus ihrem bisherigen Flussbette. Aber auch neue Wasser strömen aus dem Boden, es treten in den neugebildeten Löchern, Senkungen und Abgründen Seen und Sümpfe auf. Ferner erscheinen neue Thermen oder es versiegen schon bestehende; schon vorhandene nehmen eine höhere Temperatur an. Auch wurde schon beobachtet, dass Brunnen salzig wurden und diese Eigenschaft noch mehrere Tage nach dem Erdbeben beibehielten.

Die Beobachtung, dass alle Erdbebenbezirke reich an Vulkanen sind, dass die Erdbeben vulkanische Eruptionen meist einleiten und mit Beginn der Eruption enden, die Neubildung und Temperaturerhöhung warmer Quellen, die unmittelbar mit vulkanischer Thätigkeit zusammenhängt, spricht deutlich für die gemeinsame Ursache der vulkanischen Erscheinungen und der Erdbeben.

6. Zerstörungen durch Vulkane.

Die vulkanische Thätigkeit schliesst so viele Einzelnerscheinungen in sich, deren jede für sich im Stande ist schon bedeutende unheilvolle Zerstörungen in Gegenden, wo sie statthaben, anzurichten, dass ihr gemeinsames Auftreten leicht Veränderungen der Erdoberfläche hervorzubringen vermag, welche die Geologie nicht ausser Acht lassen darf. Dennoch muss hier bemerkt werden, dass diese Zerstörungen gemeinhin in ihrer geologischen Bedeutung überschätzt werden, indem sie doch stets nur einen sehr kleinen Theil der Erdoberfläche treffen.

Die wichtigsten hierher zu rechnenden Verwüstungen verursachen die Lavenströme, der Aschenausbruch, die Eruption von Blöcken, die Aufblähung oder der Aufbruch des Bodens (Hoff a. a. O. IV, 14), der Einsturz von Bergen, ferner die Erhitzung des Bodens und die Entleerung unterirdischer Höhlen.

Die aus dem Krater der Vulkane hervorquellenden glühenden L a v e n s t r ö m e bedecken und versengen weithin den Boden, verdrängen selbst Flüsse aus ihrem Bette und erzeugen hiedurch grossartige Ueberschwemmungen. Zuweilen erreichen die Lavaströme eine Länge von über 10 Meilen bei einer Breite von 2 bis 3 Meilen und einer Mächtigkeit von 100′, die aber in Engpässen und Spalten ums sechsfache ansteigen kann. Die a u s g e w o r f e n e A s c h e bedeckt oft den Boden mehrere Fuss hoch und verursacht im Meere durch

seine Anhäufung Untiefen und in Flüssen Ueberschwemmung durch Auffüllung ihrer Thalwege. Die aus dem Krater geschleuderten Steinblöcke werden oft erst in einer Entfernung von vielen Stunden auf dem Boden abgesetzt.

Findet die Eruption nicht im Krater des Vulkanes statt, sondern erfolgt sie in dessen Umgebung, so bildet sich dort eine kreisförmige Oeffnung, um welche sich die Auswürflinge (Sand und schlackige Laven) ringweise häufen und einen Thalkessel bilden, der gewöhnlich von Wasser erfüllt wird oder aber auch trocken bleiben kann. Solche Stellen nennt man Explosionskratere. Diese Erscheinung trifft man häufig in der Eifel unter dem Namen »Maare« und auch in der Auvergne.

Von Hebungen bei vulkanischen Eruptionen wurde schon früher gesprochen. Es finden auch eigenthümliche Aufblähungen des Bodens statt, die sich dem Darüberschreitenden durch einen hohlen Wiederhall kund geben. Der Aufbruch des Bodens erfolgt besonders bei heftigen Ausbrüchen in Form von Spalten oft bis zur Länge von mehreren hundert Fuss. Diese Spalten liegen meist in strahlenförmiger Richtung um den Gipfel des Vulkans. Das Einsinken ganzer vulkanischer Berge wird in der Geschichte der Vulkane häufig erwähnt. Das merkwürdigste Beispiel bietet wohl das Verschwinden des Papandayang auf Java im Jahr 1772, der mit furchtbarem Getöse zusammenstürzte und 40 Dörfer theils in den Abgrund riss, theils mit Auswurfsmassen bedeckte.

Die Erhitzung des Bodens ist bei vulkanischen Eruptionen zuweilen so gross, dass sie Gegenden unbewohnbar macht. Als A. v. Humboldt 44 Jahre nach dem Ausbruch des Jorullo in Mexiko (1760) den Vulkan besuchte, war der Boden einer vier englische Quadratmeilen grossen, convex aufgeblähten Ebene noch so heiss, dass man in einer Tiefe von wenigen Zollen bequem eine Cigarre daran anzünden konnte.

Furchtbar ist die Wirkung der sich entwickelten Hitze, wenn schneebedeckte Vulkane in Thätigkeit kommen. Die Schneemassen schmelzen plötzlich und verursachen vermischt mit den aus dem Vulkane selbst ausgeworfenen Wasserströmen die schrecklichsten Verheerungen.

Anhang.

Bildungen aus verschiedenen geologischen Perioden.

Zahlreiche Gesteinsbildungen lassen sich nicht in einen bestimmten Zeitpunkt der geologischen Geschichte einreihen, da entweder ihre jetzige Beschaffenheit das Produkt von Thätigkeiten ist, die zweierlei Epochen der Erdgeschichte angehören oder aber, weil die Bildung eines und desselben Gesteines in verschiedenen Epochen der Erdgeschichte sich wiederholte. Zur erstern Art von Bildungen sind die metamorphischen Gesteine zu rechnen, deren schon S. 41 u. ff. gedacht wurde. Zu den Bildungen zweiter Art gehören die Quarzgänge und -stöcke, der körnige Kalk und die Erzgänge.

1. Verschiedene metamorphische Gebilde.

Es gehören hieher manche Gesteine, die nur an einer oder an ein paar Localitäten auftreten und daher nicht sehr beachtenswerth für allgemeine Geologie sind; dann aber auch ein paar metamorphische Gebilde, die ziemlich häufig und in verschiedenen Gegenden und zwar mehr oder weniger im Grossen erscheinen und hier ausschliesslicher Gegenstand der Besprechung sein sollen.

Die zu beschreibenden Felsarten sind sämmtlich wasserhaltig, trotzdem sie sich oft mitten im plutonischen Gebirge befinden. Ihr auszeichnender chemischer Bestandtheil ist Talksilikat; ihre Bildung erfolgte wahrscheinlich nach den Gesetzen der doppelten chemischen Verwandtschaft, durch langedauernde Berührung plutonischer Gesteine mit Chlormagnesium-haltigem Wasser. Sie sind einfache Mineralspecies und nicht gemengte Felsarten. Hieher gehören hauptsächlich der Chlorit-, Talkschiefer und Serpentin.

Chloritschiefer.

Er ist eine mehr oder weniger reine Masse von Chlorit nach der chemischen Formel $\left.\begin{matrix}\dot{Mg}^3\\ \dot{Fe}^3\end{matrix}\right\} \dddot{Si} + \dddot{Al}\,\dddot{Si} + 2\,\dot{Mg}\,\dot{H}^2$. Er besitzt dunkelgrüne oder graugrüne Farbe und Perlmutter- bis Metallglanz, ist fettig anzufühlen und von so geringer Härte, dass er schon vom Fingernagel geritzt wird. Seine Textur ist blättrig. — Im Glaskolben erhitzt gibt er Wasser ab, wodurch er sich vom Glimmer-

schiefer unterscheidet. Mit Schwefelsäure erhitzt zersetzt er sich und die Flüssigkeit gibt Talkerde-Reaktion.

Im Grossen hat er schieferige Struktur. Er bildet keine ganzen Berge, sondern findet sich blos als grössere oder kleinere Zwischenlager zwischen plutonischem oder neptunischem Gesteine. Schon wegen seines Wassergehaltes kann er kein ursprüngliches plutonisches Gestein mehr sein; aber ebensowenig ein neptunisches, da er manchmal mitten zwischen entschieden plutonischen Gesteinen liegt, daher ist er ohne Zweifel ein plutonisches Gestein, das später durch Einwirkung von Wasser umgebildet wurde. Wie aber diese Umbildung vor sich ging und welches das ursprüngliche Gestein war ist noch gänzlich unbekannt.

Verbreitung. — In Deutschland findet sich der Chloritschiefer in den Tyroler- und Salzburger-Alpen; ferner in Böhmen; in der Schweiz im Berner Oberland, Wallis, Tessin, Bündten. Endlich in den Karpathen und in Brasilien.

Talkschiefer.

Er besteht aus Talk nach der Formel $\dot{Mg}\,\dddot{S}$ mit Aq., besitzt meist hellgraue, auch grünliche oder weisse Farbe, ist perlmutterglänzend und fettig anzufühlen; er hat unter allen Mineralien die geringste Härte und ist von blättriger Struktur. Im Grossen dagegen sondert er sich schiefrig ab.

Im Glaskölbchen erhitzt verliert er Wasser, wird von Säuren nicht angegriffen und ist vor dem Löthrohr unschmelzbar.

Wie der Chloritschiefer bildet er Zwischenlager, wesshalb die gleichen Gründe wie bei jenem für dessen Entstehung durch Umwandlung aus einer andern Felsart sprechen. Wie dort sind wir auch hier über das Ursprungsgestein und die Art der Umwandlung noch im Ungewissen.

Verbreitung. — Er findet sich in den Schweizer- und Tyroler-Alpen, in den Apenninen, auf Corsika und in Brasilien. In letzterem Lande kommt auch ein quarziger Talkschiefer: Itakolumit vor, benannt nach seinem Fundorte: dem Vorgebirge Itakolumi.

Serpentin.

Dieses Gestein ist eine sog. einfache Felsart, also zugleich Gebirgsart und eigenthümliche Mineralspecies.

Der Serpentin besteht aus 4 Atomen Kieselsäure, 9 Atomen

Magnesia und 6 Atomen Wasser. — Seine Farbe ist sehr verschieden, am häufigsten dunkelgrün, ins Schwarze; manchmal grau und grünlichgrau; bisweilen bräunlich, röthlich und gelblich. Oft zeigt das Gestein mehrere Farben zugleich, in Flecken oder Streifen. Der Serpentin hat eine feinkörnige, bis dichte Struktur, schwachen Fettglanz und fühlt sich fettig an. Seine Härte ist nur die des Kalkspathes.

Das Pulver des Serpentins wird von heisser Schwefelsäure zersetzt. Die Kieselsäure scheidet sich hiebei als schleimige Masse ab; die Talkerde löst sich zu einer Flüssigkeit, welche nach Verdünnung mit Wasser die Talkerde-Reaktionen zeigt. Beim Erhitzen im Reagensröhrchen gibt der Serpentin Wasser aus. Er ist fast gänzlich unschmelzbar.

Die Serpentine enthalten häufig fremde Mineralien beigemengt, von welchen allenfalls erwähnt werden mögen: Asbest, Diallag, Bronzit, Talk-Glimmer, Talk, Granat, Kalkspath und Faserkalk, Magneteisen, Chromeisen, Chromoxyd u. s. w.

Ueber die Gründe, warum er den umgebildeten Felsarten zuzuzählen ist, haben wir uns schon S. 223 ausgesprochen.

Die Verbreitung des Serpentins ist so beträchtlich, dass diese Felsart, wenn auch nicht zu den gemeinen, doch zu den ziemlich häufigen gezählt werden darf. Bei einer Mächtigkeit bis 300′ bildet er theils ganze Berge, theils stockförmige Massen, welche andere Gesteine durchbrechen. Man findet ihn: in Deutschland, besonders im Schwarzwald (bei Todtmoos, Altenstein, Happach, Horbach, Gündelwangen, Kappel bei Freiburg und im Schutterthal); ferner in Sachsen, in Schlesien, im Fichtelgebirge, in Böhmen, Mähren, Tyrol, Salzburg und Steyermark. — In der Schweiz tritt der Serpentin in beträchlichen Massen auf, vorzüglich in Wallis und Graubündten. — In Frankreich kommt er besonders in den südlichen Alpen, im Dauphiné, in den Vogesen und Pyrenäen vor. Ferner erscheint er in Piemont, in den Apenninen, in England und Schottland, in Schweden, in Ungarn, am Ural, in Nord- und Südamerika u. s. w.

Der Serpentin lässt sich leicht verarbeiten und wird, wiewohl nicht mehr so häufig wie früher, zur Bereitung von Mörsern und Reibschalen und von verschiedenartigen Luxusgegenständen verwendet.

Metamorphischer Gneiss.

Auch auf den Gneiss wurde die Lehre vom Metamorphismus übertragen, ja man behauptete, dass aller Gneiss metamorphisch aus Urthonschiefer entstanden sei und brachte folgende Gründe dafür bei:

a. Die schiefrige Struktur des Gneisses lasse auf ehemalige Schichtung schliessen.

b. Man kenne Beispiele von Umwandlung von Thonschiefer in Gneiss.

Folgende Gründe sprechen dagegen:

a. Auch unzweifelhaft plutonische Eruptivgesteine (Granite und Porphyre) zeigen schiefrige und plattenförmige Struktur.

b. Umbildung von Thonschiefer in ächten Gneiss ist nicht bekannt; bisweilen blos Bildung eines sehr glimmerreichen, gneissähnlichen Gesteins. — Aber selbst wenn Thonschiefer sich auch bisweilen in Gneiss verwandelt hätte, so wäre der Schluss: alle Gneisse sind desshalb metamorphisch, ein ganz verfehlter und übereilter.

c. Die Analogie von Gneiss und Granit, sowohl im Grossen, wie im Kleinen.

d. Grosse Ausdehnung und Höhe der Gneissberge. — Die skandinavischen Alpen bestehen fast ganz aus Gneiss; ebenso der Schwarzwald! — Es wäre abentheuerlich anzunehmen, dass der Umwandlungsprozess so ungeheure Wirkungen hervorgebracht haben soll.

e. Das Uebergangs-Gebirge enthält nicht nur Thonschiefer, sondern mannigfaltige Gesteine: Grauwackeschiefer, Conglomerate, Sandsteine. — Diese können doch unmöglich ganz gleichartige Umwandlungsprodukte geliefert haben. — Im Gneiss aber existirt keine Andeutung von solchen verschiedenartigen metamorphischen Bildungen.

f. Der Kaligehalt im Feldspath und Glimmer des Gneisses. — Im Feldspath sind 14 Procent Kali, im Glimmer 5 – 10 Procent enthalten.

Metamorphischer Glimmerschiefer.

Auch hier treffen wir wieder dieselbe Uebertreibung, wie beim Gneiss. — Dieselben Gründe wie für Metamorphismus des Gneisses und dieselben Gegengründe haben hier abermals ihre Geltung.

Es ist also gewiss die grosse Hauptmasse der Glimmerschiefer ursprüngliches, altes Gestein.

Indessen herrscht anderseits auch kein Zweifel, dass durch Metamorphismus sich dem ächten, alten Glimmerschiefer ähnliche, wenn auch nicht vollkommen damit übereinstimmende Gesteine bilden können.

Belege hiefür geben Glimmerschiefer mit Versteinerungen in den Alpen. — Nach den Beobachtungen von Charpentier und Lardy findet sich auf dem Nufenen Pass (zwischen dem Eginenthal in Oberwallis und dem Bedrettothal bei Airolo in Tessin) ein kalkreicher Glimmerschiefer mit Belemniten. Ferner kommen Belemniten im Glimmerschiefer an der Furka und am Lukmanier (zwischen Bündten und Tessin) vor.

Hier ist offenbar ein verhältnissmässig jüngeres (Jura- oder Kreidegestein) in ein dem Glimmerschiefer ähnliches Gestein umgewandelt worden, und zwar, da der Glimmerschiefer kalkig ist und die Belemniten in Kalk versteinert sind, wahrscheinlich ein thoniger, mergeliger Kalk.

Wie geschah diese Umwandlung? — Bis jetzt wissen wir darüber nichts Genaueres. — Nach der Meinung der meisten Geologen durch Wirkung der Hitze. — Diess ist aber bei dem reichlichen Gehalt des Gesteins an kohlensaurem Kalk sehr unwahrscheinlich und die Umbildung ging viel wahrscheinlicher auf nassem Wege vor sich. — Doch hierüber können nur weitere genauere Untersuchungen an Ort und Stelle nähern Aufschluss geben. In Pseudomorphosen ging die Erzeugung von Glimmer unzweifelhaft auf nassem Wege vor sich, wie z. B. bei der Umwandlung des Andalusits im Glimmer.

Jedenfalls gehört die Bildung dieses Glimmers oder glimmerähnlichen Gesteins erst spätern geologischen Zeiträumen an.

Anhang. — Metamorphischer Granit.

Abgesehen von den Veränderungen, welche der Granit durch Verwittern erleidet und welche vorzugsweise in der (schon in der Einleitung erwähnten) Zersetzung des Feldspathes bestehen, wird diese Felsart besonders dadurch umgebildet, dass Talkerde-Salze auf den Glimmer, zum Theil auch auf den Feldspath zersetzend wirken und neue Talkerde-Silicate, namentlich Talk und Speckstein (oder dem Speckstein ähnliche Mineralien) erzeugen,

welche dann in die Mischung des Granites eingehen. Genaueres über die Art, wie diese Zersetzung erfolgt, lässt sich nicht angeben; nur so viel ist klar, dass sie auf dem Wege der doppelten Verwandtschaft geschehen muss. Dass sie nicht durch Hitze, sondern durch Mitwirkung des Wassers stattfindet, geht schon daraus hervor, dass die neugebildeten Talksilicate, Talk und Speckstein, wasserhaltige Mineralien sind.

Durch diese Umwandlung bildet sich eine eigene Abänderung des Granits, der

Talk-Granit.

(Man hat diesem Gestein auch die Benennung Protogin (von πρωτος und γεινομαι) gegeben, weil man früher glaubte, es gehöre zu den ganz alten Felsarten, während schon seine metamorphische Bildung zeigt, dass es ein neueres Erzeugniss ist.)

Der Talk-Granit unterscheidet sich vom gewöhnlichen Granit dadurch, dass er statt des Glimmers Talk und Speckstein enthält oder ein dem Speckstein sehr nahe stehendes Mineral. Bisweilen fehlt der Glimmer gänzlich, in andern Fällen findet er sich noch spärlich in dem Gestein. — Nicht selten findet man in Graniten einzelne Körner von Speckstein oder eines specksteinartigen Minerals. Solche Granite halten aber dabei noch reichliche Mengen von Glimmer und sind wegen jener geringen Beimischung eines Talk-Silicats noch nicht zum Talk-Granit zu rechnen. — Der Feldspath des Talk-Granits ist theils gemeiner Feldspath, theils Oligoklas. Er kommt in Menge und meist in grossen Brocken in diesem Granit vor. Nicht selten hat auch der Feldspath durch den Prozess der Metamorphose eine Umänderung, wenigstens eine theilweise Verwitterung erlitten. — Quarz liegt sehr oft in beträchtlichen Massen und in grossen Stücken im Talk-Granit. — Durch diese Art des Vorkommens von Quarz und Feldspath erhält dann das Gestein eine grosskörnige Structur.

Der Talk-Granit ist im Ganzen nicht sehr verbreitet. Er tritt am häufigsten gang- uud stockförmig auf; namentlich bildet er solche Gänge und Stöcke im Gneiss. Ohne Zweifel entstunden diese durch spätere Umwandlung anderer Granitgänge und Stöcke, insbesondere von grosskörnigem Granit, welcher dem Wasser leichten Zutritt gestattet. — In den Alpen, zumal der Montblanc-Kette, erscheint der Talk-Granit auch in grössern Massen.

2. Quarzfels und Quarzgänge.

Gemeiner Quarz tritt theils in ganzen Felsen, theils in Gängen in den verschiedensten plutonischen und neptunischen Gebilden auf.

Diese Stöcke und Gänge können nicht wohl auf plutonischem Wege entstanden sein, indem die Hitze, unter deren Einflusse die Verflüssigung des Quarzes möglich geworden war, alle Gesteine der Umgebung hätte umbilden und zerstören müssen. — Leichter dagegen erklärt sich ihre Entstehung auf nassem Wege, indem die Kieselsäure in ihrer löslichen Modifikation theils von gemeinem Wasser, theils von kohlensaurem aufgenommen, von eben diesem wieder in die Ritzen und Spalten des Hauptgesteins abgegeben wurde.

Insbesondere hat man allen Grund, eine neptunische Entstehung des Quarzganges anzunehmen, wenn dieser im Uebergangsgebirge vorkommt und die Gesteine des letztern, namentlich die Thonschiefer, keine oder nur unbedeutende Umwandlungen erlitten haben, die auf die Wirkung hoher Wärmegrade schliessen liessen. Wäre nämlich der Quarz geschmolzen gewesen, so hätte diess nur bei enormer Hitze geschehen können. Dann aber würden die Thonschiefer wenigstens in der Nähe des Quarzganges plutonische Metamorphosen erlitten haben; er würde durch Eindringen von geschmolzener Kieselsäure in ein hornsteinartiges Gestein umgewandelt worden sein und es hätten sich als Schmelzungsprodukte Silicate der Thonerde gebildet.

3. Körniger Kalk.

(Marmor. Urkalk.)

Seine mineralogischen Merkmale dürfen als bekannt vorausgesetzt werden; häufig schliesst er fremde Mineralien ein, als: Glimmer, Granat, Vesuvian, Talk, Hornblende, Magneteisen u. s. w.

Er tritt theils in selbstständigen Hügeln, theils in Stöcken und Gängen in den verschiedensten Gesteinen auf.

Seine Bildung ging entschieden auf neptunischem Wege von Statten.

Die fremden Mineralien, die er öfter einschliesst, sollten den Hauptbeweis für seine plutonische Bildung abgeben; allein sie alle können sich auch unter Mitwirkung des Wassers bilden.

Vorkommen. — Der körnige Kalk ist häufig. Hauptfund-

orte sind: der badische Kaiserstuhl, Auersbach an der Bergstrasse (Odenwald), Wolfstein in der Rheinpfalz; Wunsiedel im Fichtelgebirge, Vogesen, Predazzo, Carrara, Seravazza, Pyrenäen, Paros.

4. Erzgänge.

Man belegt mit diesem Namen metallische Mineralien, welche sich in Spalten der Gebirge finden, und diese Spalten theils für sich allein, theils in Begleitung anderer, nicht zu den Metallen der Erze gehörender oder sog. nichtmetallischer Mineralien, ganz oder theilweise ausfüllen.

So wichtig die Erzgänge auch für die Technik sind, so haben sie wegen der Beschränktheit ihres Vorkommens doch nur untergeordnetes Interesse für Geologie. Es würde daher hier nicht am Platze sein ausführlich von diesen Bildungen zu sprechen, und es wird genügen, nur das eigentlich Geologische herauszuheben.

Die Erzgänge enthalten neben dem metallischen Mineral, im engern Sinne dieses Wortes, gewöhnlich noch andere Mineralien, und zwar am häufigsten: Quarz, Flussspath, Schwerspath, Kalkspath, Bitterspath. Diese Begleiter der Metalle in dem Gang pflegt man die Gangart zu nennen. Alle Mineralien zusammen genommen, welche die Gangspalte ausfüllen, heissen die Gangmasse. — Der Erzgang hängt oft unmittelbar mit dem Nebengestein, das er durchsetzt, zusammen, oft ist er von demselben durch bandartige Streifen, die Saalbänder getrennt.

Die Vertheilung der Erze in den Gängen findet auf sehr ungleichförmige, unregelmässige Weise statt. Bald trifft man grosse Massen von Erzen im Gange beisammen, bald ist derselbe fast nur von Gangart (taubem Gestein) ausgefüllt. Bald treten die Erze und Gangart auf grösseren Strecken neben und miteinander auf.

Die Erze sind in den obern Theilen der Gänge (in den obern Teufen) sehr häufig durch den Sauerstoff der Luft oxydirt. Dort trifft man daher ganz andere Mineralien als tiefer unten. So kommt z. B. auf Bleierzgängen öfters höher oben schwefelsaures, kohlensaures, phosphorsaures und arsensaures Bleioxyd vor, tiefer unten aber vorzugsweise Schwefelblei, Bleiglanz. — Auf Kupfergängen findet sich oben Malachit, Kupferlasur u. s. w., weiter unten Schwefelkupfer.

Das Fallen der Gänge, d. h. ihre Richtung gegen eine wagrechte Ebene, ist sehr verschieden; einige stehen fast, oder wirklich

senkrecht (seiger), andere fallen schief (tonnlägig) ein, andere liegen wagrecht (söhlig). Man bestimmt dieses Fallen genauer mit dem Winkelmaass.

Auch das Streichen der Gänge, d. h. ihre Richtung, ihr Verlauf nach einer gewissen Himmelsgegend, ist äusserst verschieden. Man bestimmt das Streichen mit dem Compass und diese Bestimmung ist oft desshalb wichtig, weil die Gänge nicht selten auf lange Strecken, ungefähr in derselben Richtung fortziehen.

Die Breite oder Dicke der Gänge, ihre Mächtigkeit ist ebenfalls sehr verschieden, von einigen Zoll bis zu ein paar Fuss. Eine Mächtigkeit von 4—5 Fuss gehört schon zu den beträchtlichen; ausnahmsweise jedoch treten Gänge auf, 10—12—18 Fuss und darüber mächtig. — Die Mächtigkeit eines und desselben Ganges zeigt sich gewöhnlich in verschiedenen Tiefen verschieden. Sie hängt theils ab von der Breite der Spalte, welche der Gang ausfüllt, theils auch von der Festigkeit des Nebengesteins. In weichern Gesteinen dehnen sich die Gänge mehr aus, sie werden mächtiger, als in sehr harten.

Auch in Bezug auf die Erstreckung der Gänge beobachtet man keine Regelmässigkeit. Manche zeigen eine ausserordentliche Längenerstreckung, so dass man sie 2—3 Stunden weit verfolgen konnte (weit in's Feld setzende Gänge). Schmale Gänge haben gewöhnlich eine grössere Längenerstreckung als breite. — Wie weit die Gänge in die Tiefe niedersetzen, darüber hat man begreiflicher Weise keine sichern Kenntnisse. Einzelne wurden bis zu 3000′ Tiefe und darüber verfolgt. Tiefer geht man nicht leicht nieder, weil sich zu viel Wasser ansammelt, oder weil die Kosten des Bergbaues zu gross werden.

Die Gänge zertheilen sich häufig in zwei oder mehrere Aeste; man nennt diess das Sichzertrümmern der Gänge und einen einzelnen Ast das Trum. Diese Trümmer spitzen sich häufig im Gebirge zu, sie keilen sich aus. Auch Hauptgänge thun diess bisweilen.

Oefters laufen mehrere Gänge neben einander, aber nur selten parallel, oder sie stossen zusammen und ziehen dann eine Strecke weit dicht nebeneinander hin (sie schleppen sich); oder endlich sie durchkreuzen (durchsetzen) sich unter mannigfaltigen Winkeln. Der durchsetzende Gang ist augenscheinlich jünger als der durchsetzte. Bisweilen vereinigen sich zwei Gänge mit einander

(sie schaaren sich). — In allen diesen Verhältnissen herrscht grosse Unregelmässigkeit, ausser wenn ein Gang das geschichtete Gebirge durchzieht und in die Schichtungs-Klüfte eindringt. Dann zeigen öfters die Seitengänge oder zwei oder mehrere gleichzeitig auftretende Hauptgänge Parallelismus in ihrem Verlauf. In allen andern Fällen durchziehen die Gänge das Gebirge höchst unregelmässig in allen nur denkbaren Richtungen. Der Grund hievon liegt in ihrer Entstehungsart.

Bisweilen hört ein Gang plötzlich auf, er wird abgeschnitten. Manchmal findet er sich seitwärts wieder, dann sagt man er sei verworfen oder verschoben. Diese Verwerfung erfolgte gewöhnlich dadurch, dass der Gang auf sehr harte Gesteine traf, oder dadurch, dass spätere plutonische oder vulkanische Bewegungen den Gang mit dem Nebengestein von ihrem Platze drückten. — Manchmal dringen Gänge in leere (taube) Klüfte oder Höhlungen ein; der Gang versenkt sich dort und kann durch nähere Untersuchung der Kluft weiter verfolgt werden.

Vorkommen der Erz-Gänge. — Das plutonische Gebirge kann die Hauptlagerstätte der Erze genannt werden. Dort sind sie bei weitem am häufigsten; im vulkanischen Gebirge dagegen sehr selten. Im neptunischen Gebirge treten Erzgänge ziemlich häufig in den ältesten Ablagerungen auf, besonders im Uebergangs-Gebirge, Steinkohlen-Gebirge und Zechstein. Schon weniger häufig erscheinen sie im bunten Sandstein, Muschelkalk und Keuper und noch seltener kommen sie in jüngern Gebilden vor. Aus diesem Auftreten in neptunischen Gesteinen geht schon hervor, dass Erzgänge nicht blos in den ältern geologischen Zeiträumen, sondern noch in spätern Perioden gebildet wurden. Am häufigsten erscheinen sie allerdings in Gesteinen des ersten und zweiten Zeitraums. Dann aber kennt man noch Erzgänge in Gesteinen folgender Perioden: Im bunten Sandstein: bei Badenweiler, im württembergischen Schwarzwald und in Rheinbayern. Im Muschelkalk: bei Bruchsal und bei Milhaud im südlichen Frankreich. Im Jura: bei Charolais in Südfrankreich. In der Kreide: in Westphalen, Algier, Chili. Im Tertiär-Gebirge: bei Joachimsthal und Annaberg im Erzgebirge.

Früher glaubte man, dass Erzgänge in gewissen einzelnen Gesteinen häufiger auftreten als in andern; es hat sich aber gezeigt, dass diese Annahme nur mit grossen Einschränkungen statthaft sei. Wir haben allerdings eben gehört, dass Erzgänge weit häufiger im

plutonischen Gebirge und in den ältern neptunischen Ablagerungen vorkommen, als im vulkanischen Gebirge und in den jüngern neptunischen Gebilden. Nimmt man aber die Sache nicht so ganz allgemein, sondern sucht man zu bestimmen, in welchen einzelnen Gesteinen jene Gänge vorzugsweise auftreten, so lassen die gemachten Beobachtungen nur Schlüsse in einzelnen Gegenden zu und haben also blos örtlichen Werth. So treten z. B. in einigen Gegenden die Erzgänge am häufigsten im Gneiss auf, in andern Gegenden aber ist der Gneiss arm daran und die Gänge erscheinen mehr im Granit. Bisweilen führen die Porphyre ziemlich häufig Erzgänge, oft aber fehlen sie in diesen Gesteinen gänzlich. Es gibt Länder, in welchen die metallführenden Gänge besonders häufig in den Thonschiefern vorkommen; in andern Ländern dagegen fehlen sie in diesen Schiefern, oder erscheinen dort nur sehr sparsam.

Man kann also keine allgemeinen Regeln aufstellen über das Aufsuchen der Erzgänge in bestimmten Gesteinen, oder wenn solche Regeln gefunden zu seyn scheinen, so gelten sie höchstens für einzelne Gegenden, oft nur für kleinere Bezirke. — Die Erzgänge durchziehen das Gebirge ganz ähnlich den plutonischen Gängen aus Granit, Syenit, Porphyr u. s. w., also in höchst unregelmässiger Weise; wo sich eine Spalte vorfand, oder das Gestein dem Drucke der Gangmasse nachgab, erzeugte sich der Gang in den allermannigfaltigsten Richtungen.

Theorien über die Bildung der Erzgänge.

Unter den verschiedenen Hypothesen, welche über die Entstehung der Erzgänge aufgestellt wurden, verdienen jetzt noch die folgenden eine kurze Erwähnung.

1. Neptunische Theorie der Gangbildung.

Nach dieser von Werner aufgestellten Ansicht sollen die Gesteine, welche den Gang ausfüllen, durch Wasser (durch Strömungen) in die Gangspalte gelangt seyn und zwar indem das Wasser von der Erdoberfläche aus nach der Tiefe strömte. Die Gangspalte wurde also von oben nach unten ausgefüllt und die Mineralien des Ganges waren entweder im Wasser gelöst oder sie wurden mechanisch mit dem Wasser fortgerissen.

Gegen diese Theorie sprechen ganz entscheidende Gründe, wovon ich nur die folgenden anführen will: Die einzelnen Minera-

lien in den Gängen kommen nirgends in der Nähe des Ganges gegen die Erdoberfläche hin vor. Wären diese Mineralien von oben in den Gang hinein geschwemmt worden, so müsste man irgendwo grössere, nicht gangförmige, sondern lagerartige Zusammenhäufungen von Erzen, Flussspath, Schwerspath u. s. w. finden, durch deren Zerstörung die Gangspalte ausgefüllt wurde. — Wenn die Gänge durch Strömungen mit ihren Mineralien angefüllt worden wären, so müssten nothwendig unter diesen Mineralien auch abgerundete Bruchstücke, Gerölle von den Gesteinen vorkommen, in welchen der Gang aufsetzt oder die in seiner Nähe anstehen. Diess ist aber nicht der Fall. — Werner nimmt an, dass die Gangspalten sich nach unten verschmälern und in der Tiefe ganz schliessen. Diess geschieht wohl bisweilen, aber nur in Ausnahmsfällen; in der Regel ist diese Annahme nicht erwiesen!

2. Plutonische Theorie der Gangbildung.

Die Irrigkeit der neptunischen Theorie der Gangbildung führt von selbst zu einer plutonischen Erklärung. Auf plutonischem Wege können die Erzgänge in doppelter Weise ausgefüllt worden seyn: durch Emporhebung der geschmolzenen Gangmassen oder durch Sublimation derselben.

Es ist wahrscheinlich, dass diese beiden Ursachen mit- und nacheinander zur Bildung mancher Erzgänge zusammengewirkt haben.

a. Was zunächst die Entstehung der Erze und mancher Gangarten durch Schmelzung im Erdinnern und Emporhebung in die Gangspalte betrifft, so lassen sich die Gründe, welche überhaupt für die Entstehungsweise vieler Gesteine durch Schmelzung und Hebung angeführt werden können, auch für diese plutonische Theorie der Entstehung der Erzgänge geltend machen. Mehrere Mineralien dieser Gänge nämlich können künstlich durch Schmelzung erzeugt werden. An den Stellen, wo die Gangmassen mit dem Nebengestein in Berührung traten, hat dasselbe öfters wesentliche Umgestaltungen erlitten, die nur durch eine Wirkung der Hitze zu erklären sind und in dem Gange und an seinen Rändern findet man öfters Reibungs-Conglomerate und überhaupt Einschlüsse eckiger Gesteinstrümmer in die Gangmasse.

b. Für die Erzeugung mancher Mineralien der Erzgänge durch Sublimation (durch Verflüchtigung in Dampfgestalt aus den Erd-

tiefen und Ablagerung, Verdichtung zu festen Körpern in den kältern Gangspalten) spricht besonders die Beobachtung, dass bei jetzt noch thätigen Vulkanen nicht wenige Mineralien im Innern des Vulkans verflüchtigt werden und dass ihre Dämpfe sich wieder zu festen Stoffen an geeigneter Stelle verdichten. So findet man bei noch thätigen Vulkanen Sublimationen von Schwefel, Salmiak, Chlor-Natrium, Eisenglanz u. s. w.

Bei der ungeheuern Hitze im Innern der Erde, wodurch die plutonischen Erscheinungen hervorgebracht wurden, können nun wohl manche Mineralien der Gänge verflüchtigt worden seyn, die wir künstlich mit unsern kleinern Mitteln nicht zu verdampfen vermögen. Es ist diess um so wahrscheinlicher, als manche Stoffe, die bei Glühungsversuchen im Kleinen nicht verdampfen, schon durch die Hitze grosser Schmelzöfen, bei Hüttenprozessen verflüchtigt werden können. Hieher gehört namentlich der auf Erzgängen so häufige Bleiglanz.

3. Theorie der Gangbildung durch Quellen.

Sehr beachtenswerthe Thatsachen scheinen ferner zu beweisen, dass viele Erzgänge als Absätze aus heissen Mineralquellen betrachtet werden müssen. Diese Quellen drangen in Klüfte oder Felsspalten ein und setzten dort, im Laufe der Jahrtausende, auf chemischem Wege die Mineralien ab, welche jetzt den Gang bilden. Wir verdanken vorzüglich G. Bischof zur Unterstützung dieser Theorie eine Reihe von Thatsachen, wovon ich die wichtigsten anführen will.

Es ist eine sehr gewöhnliche Erscheinung, dass bei Vulkanen sich heisse Mineralquellen bilden. Wir dürfen daher wohl annehmen, dass diess auch durch die plutonischen Prozesse geschah, zumal wenn diese in der zweiten geologischen Periode und noch später stattfanden, wo flüssiges Wasser von der Erdoberfläche in die Tiefe dringen konnte. — Da die Temperatur der Erde mit der Tiefe zunimmt, so zwar, dass in beträchtlichen Tiefen noch Glühhitze herrschen muss, so können heisse Quellen auch schon dadurch entstehen, dass atmosphärische Wasser in grosse Erdtiefen gelangen. — Diese Theorie nimmt an, die Quellen, aus welchen die Gangmineralien sich abschieden, seien heiss gewesen, weil das heisse Wasser ein kräftigeres Lösungsmittel ist, als das kalte, weil es also kräftiger auf die Gesteine einwirken konnte, womit es in Berührung

kam und weil es daher auch mehr Stoffe und diese in reichlicherer Menge aufzunehmen, also auch wieder beim Verdunsten abzusetzen vermochte.

Die Beweise für die Bildung der Gangmassen durch Absatz aus heissen Quellen liegen ganz vorzüglich in der Natur, d. h. in den Bestandtheilen der Gangmineralien. — Die chemische Beschaffenheit mehrerer Mineralien der Erzgänge ist nämlich von der Art, dass ihre Entstehung durch Schmelzung im Innern der Erde und Emporhebung aus der Tiefe kaum oder nur mit Hülfe sehr gewagter Hypothesen zu begreifen ist, während ihre Bildung durch Absatz aus heissen Quellen sich sehr einfach und genügend erklärt. — Dahin gehören der auf Erzgängen so häufige Kalkspath und Bitterspath, dann der Spatheisenstein, der Galmei und der Brauneisenstein. — Es ist kaum anzunehmen, dass der Druck in leeren, zum Theil offenen Gebirgsspalten so beträchtlich gewesen sein kann, um die Austreibung der Kohlensäure aus jenen kohlensauren Salzen und des Wassers aus dem Brauneisenstein bei heftiger Glühhitze zu verhindern. Die Abscheidung jener Mineralien aus heissen Quellen erklärt sich aber von selbst; sie ist eine heutzutage noch häufig vorkommende Erscheinung. — Das Vorkommen von kohlensaurem Kalk und Quarz unmittelbar nebeneinander, wie man diess oft auf Gängen beobachtet, spricht sehr deutlich gegen die Ansicht, diese beiden Mineralien hätten sich im Gang durch Schmelzung erzeugt. Bei der grossen Hitze dieses Schmelzungs-Prozesses wären sie gewiss nicht unverändert nebeneinander geblieben, sondern die Kieselsäure hätte mit dem Kalk, unter Austreibung der Kohlensäure kieselsauren Kalk gebildet. — Die Bildung des Quarzes der Erzgänge durch Abscheidung aus heissen Quellen ist eine viel wahrscheinlichere Annahme, als die Hypothese, er sei durch Schmelzung erzeugt worden. Dass sich Kieselsäure aus Quellen gegenwärtig noch abscheidet, darf als eine sehr bekannte Thatsache nicht weiter bewiesen werden und dass sich diese Säure aus Wasser im krystallisirten Zustande mit allen mineralogischen Merkmalen des Quarzes absetzen kann, geht auf das Bestimmteste aus dem Vorkommen von Quarzkrystallen in Drusenräumen unzweifelhaft neptunischer Gesteine, ja sogar in Höhlungen von Petrefakten hervor. So findet man bisweilen Quarzkrystalle, theils allein, theils in Begleitung von Kalkspath, im Innern von Muschelschaalen und in den Kammern von Ammoniten. — Der auf

Erzgängen häufige Flussspath findet sich jetzt noch in Mineralquellen gelöst und zwar im doppeltkohlensauren Natron derselben. Seine Löslichkeit ist allerdings nur sehr gering, allein wasserreiche Quellen können doch in kurzer Zeit bedeutende Mengen von Flussspath liefern. So hat man z. B. berechnet, dass in dem im Laufe eines Jahres zu Tage kommenden Wasser der Karlsbader-Quellen 247 Centner Flussspath enthalten sind. — Bisweilen kommt auch Flussspath in unmittelbarer Begleitung von aus Wasser abgesetzten Mineralien im neptunischen Gebirge vor; so mitten in Kalkspathdrusen bei Riedlingen, unweit Kandern, im Breisgau, im bunten Sandstein mit Quarz und Kalkspath bei Waldshut. Schwerspath kann sich, wie Bischoff gezeigt hat, in einer warmen Lösung von kohlensaurem Natron auflösen (als kohlensaurer Baryt, welcher bei der Abscheidung aus der Flüssigkeit wieder zu schwefelsaurem wird). Kohlensaures Natron findet sich aber häufig in heissen Mineralquellen. Ueberhaupt lässt sich die Bildung des Schwerspaths auf sog. nassem Wege schon desshalb nicht bezweifeln, da man dieses Mineral häufig als Ueberzug und in Drusenräumen entschieden neptunischer Gesteine (z. B. des bunten Sandsteins) findet.

Was die eigentlich metallischen Mineralien der Erzgänge betrifft, von welchen oben nicht schon die Rede war, so will ich, um nicht zu weitläufig zu werden, blos bemerken, dass Bischof durch bestimmte Beobachtungen die Bildung eigentlicher Erze auf dem Wege der Abscheidung aus wässrigen Flüssigkeiten nachgewiesen hat. So lässt sich nach diesen Beobachtungen nicht zweifeln, dass Eisenkies, Zinkblende, Bleiglanz, Weissbleierz, Manganerze Absätze aus Wasser sein können, ja dass sie in den meisten Fällen auf diesem sog. nassen Wege gebildet wurden *. — Die schon lange bekannte Thatsache, dass organische Reste in Eisenkies und Kupferkies versteinert wurden, so wie das Vorkommen von Schwefelkupfer auf Lagern im neptunischen Kupferschiefer, zeigen klar, dass scheinbar unlösliche Schwefelmetalle wirkliche Absätze aus Wasser seyn können. — Kupfer und Arsenik wurden neuerlich auch in Absätzen von Mineralwassern gefunden.

Die heissen Quellen trafen die Mineralstoffe, welche in den Gangmassen vorkamen, auf ihrem Wege in den Gebirgsgesteinen an.

---

* Ueber die Art der Auflösung und Wiederabscheidung dieser metallischen Mineralien finden sich die nähern Angaben in Bischofs Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie. (Bonn 1847 ff.)

Sie zogen diese Stoffe theils durch unmittelbare Lösung aus den Gesteinen aus, theils und gewiss weit häufiger, indem die bereits gelösten Substanzen zersetzend auf die Bestandtheile der Gesteine wirkten und dadurch auf dem gewöhnlichen Wege der chemischen Verwandtschaft neue, früher weder in dem Wasser, noch in den Felsarten vorhanden gewesene Verbindungen erzeugten. Es würde zu weit führen diess im Einzelnen näher zu erörten; ich muss daher wieder auf Bischofs chemische und physikalische Geologie verweisen, so wie auf dessen Schrift: die vulkanischen Mineralquellen Deutschlands und Frankreichs (Bonn 1826).

Diese Theorie der Gangbildung durch Absatz der Gangmassen aus heissen, plutonischen Quellen ist auf so zahlreiche und gut beobachtete Thatsachen gestützt, dass sie bei dem jetzigen Stande der Wissenschaft den höchsten Grad der Wahrscheinlichkeit für sich hat. Wir dürfen daher annehmen, dass jedenfalls ein grosser Theil der Gangmineralien auf diesem Wege in die Gangspalten gelangte.

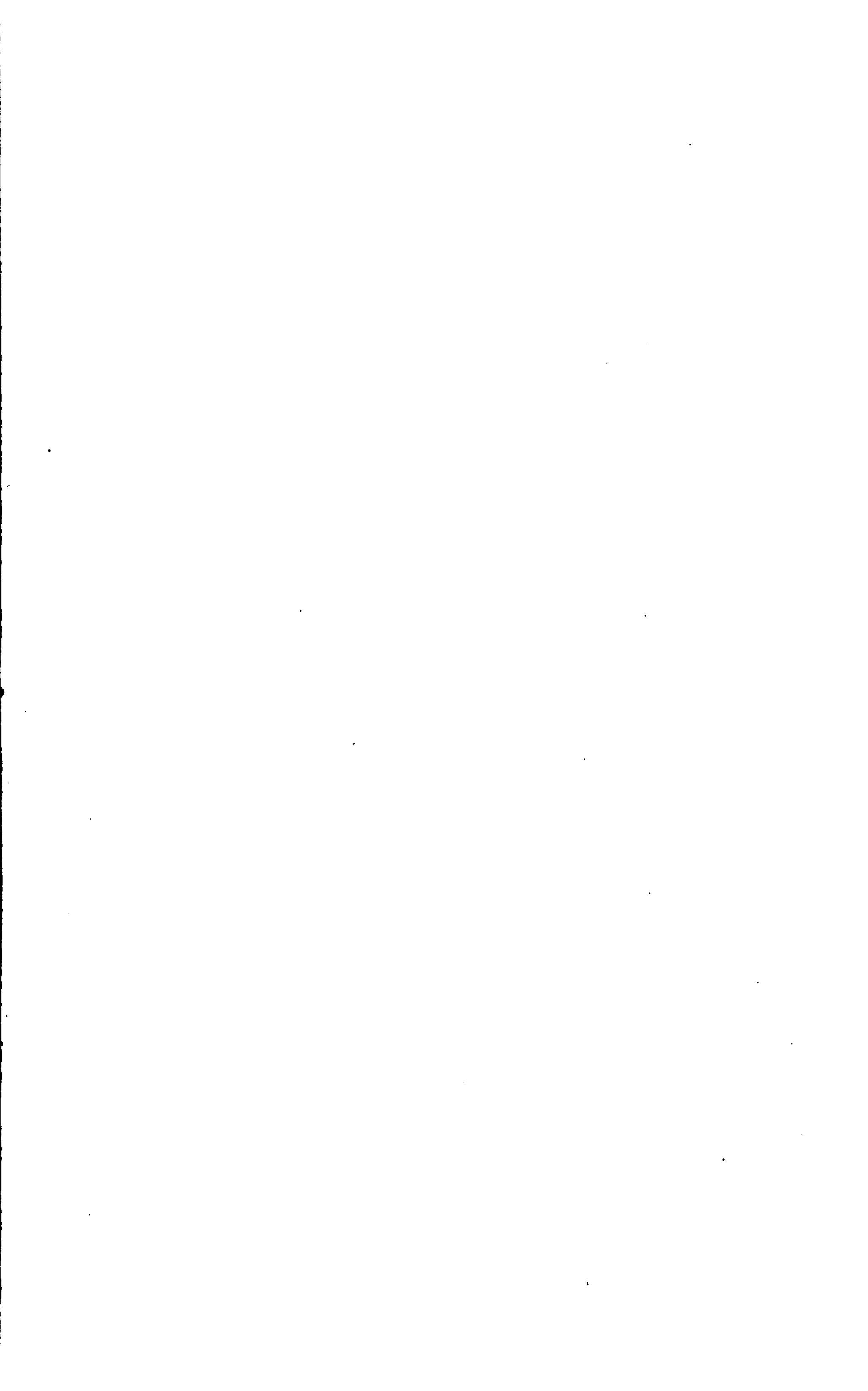
Register.

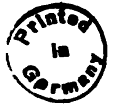
A.

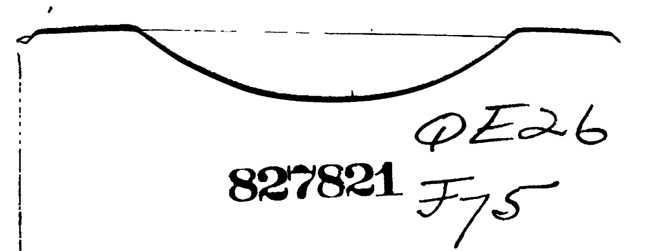
D.

L.

M.




Printed
in
Germany


QE26
827821
F75

